

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

факультет інформатики та обчислювальної техніки
(повна назва інституту/факультету)

кафедра автоматика та управління в технічних системах
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) О. І. РОЛІК
(ініціали, прізвище)
“ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 121 «Інженерія програмного забезпечення»
(код і назва спеціальності)

на тему: Система збору метеорологічної інформації

Виконав : студент 6 курсу, групи ІТ 73МП
(шифр групи)

Грицюк Артур Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові) _____ (підпис)

Науковий керівник доцент кафедри АУТС, к.т.н., доцент Новацький А.О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) _____ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

Рецензент доцент кафедри ТК, к.т.н., доцент Ткач М. М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки
(повна назва)

Кафедра автоматики та управління в технічних системах
(повна назва)

Ступінь вищої освіти – другий (магістерський)
(код, назва)

Спеціальність 121 «Інженерія програмного забезпечення»
(код, назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис) О. І. РОЛІК
(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2018_р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Грицюку Артуру Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Система збору метеорологічної інформації

Науковий керівник дисертації Новацький Анатолій Олександрович, к. т. н., доцент

затверджені наказом по університету від “ 29 ” жовтня 2018_р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації “ 4 ” грудня 2018_р.

3. Об'єкт дослідження: метеостанція системи збору метеорологічної інформації

4. Вихідні параметри: температура повітря: $-30..70^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$; рівень опадів: 0..15 мм; відносна вологість: 0..100%; атмосферний тиск: 90..105 кПа; напрямок вітру: 0...360°; швидкість вітру: 0..60 м/с; сонячна радіація: 0...1800 Вт/м²; температура ґрунту: -40...85 С.

5.Зміст пояснювальної записки: а) призначення та область застосування; б) розробка структурних схем системи та метеостанції; в) вибір окремих вузлів; г) розробка принципової схеми модуля обробки інформації; д) розробка алгоритмів роботи системи та мережі 1 WIRE; моделювання мережі у пакеті PROTEUS

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: а) структурна схема системи збору метеорологічної інформації; б) структурна схема метеостанції; в) принципова схема модуля обробки інформації; г) схема моделювання ; д) схема алгоритму роботи.

7. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

8. Дата видачі завдання “ 29 ” жовтня 2018_р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень та розробка структури системи	10.11.2018	
2	Вибір окремих вузлів	15.11.2018	
3	Розробка принципової схеми системи	20.11.2018	
4	Розробка схеми алгоритму роботи та керуючої програми	25.11.2018	
5	Моделювання в PROTEUS	29.11.2018	
6	Оформлення текстової та графічної документації	2.12.2018	
7	Представлення до захисту	4.12.2018	

Студент

_____ (підпис)

Грицюк А.О

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Новацький А.О.

(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

У магістерській дисертації розроблено контролер системи збору метеорологічної інформації. Відповідно до розробленого алгоритму, контролер керує роботою системи, головним вузлом якої є мікроконтролер типу AVR mega 128. В дисертації розроблено структурні та принципову схеми, схеми алгоритмів роботи метеостанції та мережі 1-WIRE.

В роботі розглянуто архітектурні особливості мережі 1-WIRE, яка проектується на основі однойменного інтерфейсу. Це дозволило розробити схему алгоритму та керуючу програму мовою C.

Значну увагу в роботі приділено моделюванню мережі 1-WIRE в пакеті програмного забезпечення Proteus версії 8.6. При цьому було розроблено схему моделі та робочу програму мовою C. Результати цього моделювання підтвердили достовірність теоретичних відомостей.

Робота може бути корисною при проектуванні інформаційно-керуючих систем різного призначення з використанням мікроконтролів.

SUMMARY

In the master's thesis the controller of the system of collecting the meteorological information has been developed. In accordance with the developed algorithm, the controller manages the system, the main node of which is a microcontroller type AVR mega 128. In the dissertation, structural and principle diagrams, algorithms of the operation of the meteorological station and the 1-WIRE network are developed.

The paper considers the architectural features of the 1-WIRE network, which is projected on the basis of the same interface. This allowed to develop a scheme of algorithm and control program in language C.

Considerable attention was paid to the simulation of the 1-WIRE network in the software package Proteus version 8.6. In this case, the model scheme and the working program in language C were developed. The results of this simulation confirmed the reliability of the theoretical information.

The work may be useful in the design of information management systems for various purposes using microcontrollers.

ВСТУП	7
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ	8
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА	9
3 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ	10
3.1 Метеорологічні спостереження	10
3.2 Метеорологічна мережа.....	11
3.3 Тривалість і безперервність спостережень.....	11
3.4 Розвиток метеорологічної мережі	12
3.5 Метеорологічна служба.....	13
3.6 Всесвітня метеорологічна організація	13
3.7 Автономний метеорологічний комплекс АМК–03.....	14
3.8 Розробка і опис структурної схеми системи	16
3.8.1 Опис структурної схеми системи збору метеорологічної інформації..	16
3.8.2 Опис структурної схеми метеостанції	17
4 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ	18
4.1 1–WIRE інтерфейс	18
4.1.1 Загальний опис інтерфейсу	18
4.1.2 Фізична реалізація.....	19
4.1.3 Передача даних в мережі 1–WIRE	20
4.1.5 Особливості застосування 1–WIRE–мереж.....	21
4.1.6 Команди мікроконтролера	28
4.1.7 Розробка схеми алгоритму роботи мережі 1–WIRE.....	29
4.2 Інтерфейс RS232.....	37
4.2.1 Універсальний асинхронний послідовний приймач /передавач, який програмується приймач–передавач.....	37
4.2.2 Пристрій перетворення рівнів	39
4.2.3 Роз’єм RS–232C.....	40

4.3 Мікроконтролер.....	41
4.4 Модуль УАПІ у складі мікроконтролера AVR.....	43
4.5 Пристрій зберігання інформації	71
4.6 Радіомодем.....	72
4.7 Давачі.....	73
4.7.1 Давачі температури повітря і температури ґрунту	73
4.7.2 Давач атмосферного тиску	74
4.7.3 Давач вологості повітря.....	74
4.7.4 1–WIRE перетворювач	74
4.7.5 Давач кількості опадів	74
4.7.6 Давач напрямку вітру	75
4.7.7 Давач швидкості вітру	75
4.7.8 Давач сонячної радіації	75
5 РОЗРОБКА І ОПИС СХЕМИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ СИСТЕМИ	77
6 РОЗРОБКА ТА ОПИС ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	78
7 МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖІ 1–WIRE	80
7.1 Загальна характеристика пакету Proteus.....	80
7.2 Опис моделі	81
8 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	84
8.1 Опис ідеї проекту	84
8.2 Технологічний аудит проекту.....	86
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	87
8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	91
8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	94
8.6 Висновки	97
ВИСНОВКИ.....	98
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	99
Додаток А Система збору метеорологічної інформації. Схема електрична структурна.....	102
Додаток Б Метеостанція. Схема електрична структурна	103

Додаток В Модуль обробки інформації. Схема електрична принципова.....	104
Додаток Г Метеостанція. Схема алгоритму роботи	105
Додаток Д Метеостанція. Пошук пристроїв на шині. Схема алгоритму роботи	106
Додаток Е Метеостанція. Пошук адреси пристрою.Схема алгоритму роботи.	107
Додаток Ж Метеостанція. Отримання значень від датчика. Схема алгоритму роботи	108
Додаток И Метеостанція. Схема моделювання	1089
Додаток К Перелік елементів.....	110

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АС – автоматична система
АЦП – аналого–цифровий перетворювач
Д – датчики
ДАТ – датчик атмосферного тиску
ДВЛ – датчик вологості
ДНВ – датчик напрямку вітру
ДШВ – датчик швидкості вітру
ДСР – датчик сонечної радіації
ДТП – датчик температури повітря
ДТГ – датчик температури ґрунту
ДРО – датчик рівня опадів
ДШ – дешифратор
ДША – дешифратор адреси
ІНД – 7–сегментний світлодіодний індикатор
ЛЗ – лінія зв’язку
МДМ – модулятор–демодулятор
МК – мікроконтролер
МС – метеорологічна станція
НП – нормуючий перетворювач
ОВ – об’єкт вимірювання
ОП – оператор
ПР – перетворювач 1–Wire
ПРМПД – приймач–передавач
РГ – регістри
УАПП – універсальний асинхронний приймач–передавач
ПВЗ – пристрій вибірки–зберігання
ПВІ – пристрій відображення інформації
ППР – пристрій перетворення рівней
ФНЧ – фільтри нижніх частот
ЦПЗМІ – центральний пункт збору метеорологічної інформації
ШМК – шлюзовий мікроконтролер
ШФ – шинний формувач

ВСТУП

Сьогодні дуже важливим є збір метеорологічної інформації, так як важко уявити собі сферу людської діяльності, що б не потребувала відомостей, які отримані з метеорологічних станцій. Великі промислові підприємства, зліт і посадка літаків в аеропорту, рух морського і річкового транспорту, робота будівельних і монтажних організацій, виконання навантажувальних робіт на кранах, проведення військових випробувань і т. ін. потребують інформації про стан навколишнього середовища, яка отримується за допомогою метеорологічних станцій. Все це говорить про актуальність даної роботи.

Людині без допомоги інформаційних систем важко відслідковувати зміну погодних умов, запам'ятовувати і обробляти значення, які часто змінюються. В цьому випадку на допомогу приходять автоматизовані системи з використанням сучасних мікроконтролерів та мікроконтролерних мереж. В таких системах за змінами параметрів навколишнього середовища слідкують датчики, які вимірюють різні параметри, наприклад, температуру повітря та ґрунту, силу та напрямок вітру, вологість повітря, рівень опадів, рівень сонячної радіації, і т. ін. Кількість таких датчиків в системі залежить від кількості контрольованих параметрів і може складати десятки. Для вирішення наведених вище функцій в роботі обрано однопровідний інтерфейс 1-WIRE, який розроблено фірмою Dallas Semiconductor, та було рекомендовано для застосування в багатьох сферах, однією з яких є системи автоматизації. Фірма Dallas Semiconductor сьогодні випускає значну кількість датчиків, які мають вбудований інтерфейс 1-WIRE та можуть вимірювати метеопараметри.

Оскільки мікроконтролер не має вбудованого інтерфейсу 1-WIRE, тому в роботі розроблено алгоритм та робоча програма, які керують процесом вимірювання метеопараметрів через мережу 1-WIRE. Для підтвердження працездатності алгоритму та програми в роботі поведено моделювання мережі 1-WIRE в пакеті PROTEUS.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Система збору метеорологічної інформації призначена для вимірювання основних метеорологічних параметрів:

- 1) температури повітря;
- 2) рівня опадів;
- 3) відносної вологості;
- 4) атмосферного тиску;
- 5) напрямку вітру;
- 6) швидкості вітру;
- 7) сонячної радіації;
- 8) температури ґрунту.

Система може використовуватися для спостереження за змінами параметрів стану навколишнього середовища, а також для прогнозів погодних умов.

Областю застосування розробленої системи можуть бути: великі промислові підприємства, зліт і посадка літаків в аеропорту, рух морського і річкового транспорту, робота будівельних і монтажних організацій, виконання навантажувальних робіт на кранах, проведення військових випробувань, сільське господарство, і т. ін., коли необхідна інформація про стан навколишнього середовища, яка отримується за допомогою метеорологічних станцій.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Система збору метеорологічної інформації побудована на базі контролерів окремих метеостанцій. Кожна метеостанція за допомогою давачів, які мають вбудований інтерфейс 1-WIRE, виконує збір наступних метеорологічних параметрів:

- 1) температура повітря: $-30^{\circ}\dots 70^{\circ}\text{C}\pm 0,1\text{ C}$;
- 2) рівень опадів: 0...15 мм;
- 3) відносна вологість: 0...100%;
- 4) атмосферний тиск: 90...105 кПа;
- 5) напрямок вітру: 0...360°;
- 6) швидкість вітру: 0...60 м/с;
- 7) сонячна радіація: 0...1800 Ватт/м²;
- 8) температура ґрунту: -40...85 C.

Основним елементом метеостанції є мікроконтролер ATmega 128, який керує збором інформації через мережу 1-WIRE. Отримані параметри контролю запам'ятовуються у пам'яті, відображаються на пристрої індикації та передаються на центральний пункт збору метеорологічної інформації.

Для керування передачею за радіоканалом використовується модуль універсального асинхронного приймача/передавача мікроконтролера, який керує GSM-радіомодемом.

З ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ

3.1 Метеорологічні спостереження

Метеорологічні спостереження - це вимірювання і якісні оцінки метеорологічних елементів. До метеорологічним елементам ставляться в першу чергу температура і вологість повітря, атмосферний тиск, вітер, хмарність, опади, тумани, хуртовини, грози, видимість. Сюди ж приєднуються і деякі величини, що безпосередньо не відображають властивостей атмосфери або атмосферних процесів, але тісно пов'язані з ними. Такі є температури ґрунту або поверхневого шару води, випаровування, висота і стан снігового покриву, тривалість сонячного сяйва і т. ін. Є ще спостереження за сонячним та земним випромінюванням і за атмосферою електрикою.

Метеорологічні спостереження що за станом атмосфери поза земного шару, до висот близько 40 км, носять назву аерологічних спостережень. Вони відрізняються за методикою спостереження за станом вищих шарів атмосфери, яким можна дати назву аерономічних спостережень.

Найбільш повні і точні спостереження виробляються в метеорологічних і аерологічних обсерваторіях, які є у всіх країнах світу. Число таких обсерваторій, однак, невелика. Крім того, навіть самі точні спостереження в нечисленних пунктах не можуть дати вичерпного уявлення про все життя атмосфери, оскільки атмосферні процеси протікають в різною географічною обстановці по-різному. Тому, крім метеорологічних обсерваторій, спостереження за основними метеорологічними елементами ведуться ще на багатьох тисячах метеорологічних станцій і багатьох сотнях аерологічних станцій по всій Земній кулі.

3.2 Метеорологічна мережа

Для вивчення географічного розподілу метеорологічних елементів і порівняння стану атмосфери (погоди і клімату) в різних місцях Землі необхідно, щоб метеорологічні станції в кожній країні і у всіх країнах світу вели спостереження за можливості однотипними приладами, за єдиною методикою, в певні години доби.

Іншими словами, станції в кожній країні і в світовому масштабі повинні складати єдине ціле - мережа метеорологічних станцій, метеорологічну мережу. У кожній країні, в тому числі і в Україні, існує основна державна мережа метеорологічних станцій, що відповідає зазначеному вище вимогу - однакової і узгодженої роботи.

Крім неї, існують і метеорологічні станції спеціального призначення, пов'язані з різними потребами науки і народного господарства (наприклад, станції на курортах, у сільському господарстві, на транспорті і т. ін.). Метеорологічні станції загальнодержавної мережі встановлюються по можливості рівномірно в місцях, характерних для даного району. Потрібно прагнути до того, щоб свідчення станції були репрезентативними, тобто характерними не тільки для її найближчих районів, а й для можливо більшого навколишнього району. Метеорологічні станції спеціального призначення розміщують виходячи з виробничих завдань.

3.3 Тривалість і безперервність спостережень

Найважливіші умови мережових метеорологічних спостережень, крім синхронності, - їх тривалість і безперервність. Окремі роки сильно відрізняються один від одного по режиму атмосферних процесів.

Цим визначається необхідність при вивченні клімату мати багаторічні ряди систематичних спостережень. Для вивчення змін клімату метеорологічні спостереження повинні проводитися взагалі необмежено довго. Важливо також, щоб станції якомога довше не змінювали свого місця розташування: перенесення станції в інше місце обриває багаторічний ряд спостережень або, по крайній мере, порушує його однорідність. Шкідливо позначається на однорідності

рядів спостережень забудова місцевості. Для цілей передбачення погоди також необхідно вести метеорологічні спостереження постійно і безперервно: кожен день в атмосфері спостерігаються все нові нескінченно різноманітні умови, а при прогнозі (прогнозі) погоди на майбутнє доводиться виходити з фактичних умов в сьогоденні і минулому.

3.4 Розвиток метеорологічної мережі

Державні мережі метеорологічних станцій виникли в XIX столітті; до цього спостереження проводилися в окремих нечисленних пунктах. У XX столітті густота метеорологічних мереж сильно зросла, причому спостереженнями були охоплені і великі області в тропіках, в глибині Азії і Африки, в Арктиці й Антарктиці, раніше зовсім недоступні. Зараз на Земній кулі є багато тисяч метеорологічних станцій. Спостереження проводяться і на тисячах торгових суден. Для регулярних спостережень в океанах застосовуються спеціальні наукові кораблі (метеорологічні кораблі), які тривалий час перебувають в певних районах океану.

Проте щільність метеорологічної мережі ще недостатня в Арктиці, Антарктиці, на океанах і в ряді областей всіх материків, крім Європи. Оскільки метеорологічні спостереження потрібні для щоденного прогнозу погоди, велике значення для розвитку метеорологічної мережі в наш час має радіозв'язок, що дозволяє терміново передавати результати спостережень з віддалених районів. В наш час існують і автоматичні станції, які тривалий час працюють без втручання людини. Їх встановлюють у важкодоступних або незручних для життя районах, наприклад на льодах Арктики; спостереження їх автоматично передаються по радіо. У далекому майбутньому автоматичні і напівавтоматичні метеорологічні станції повинні отримати широке застосування.

Мережа аерологічних станцій виникла пізніше, лише в XX столітті, і густота її ще невелика в порівнянні з мережею звичайних метеорологічних станцій. Загальна кількість станцій з спостереженнями над тиском, температурою і вологістю в високих шарах за допомогою радіозондів становить на Земній кулі близько 1000.

Значно більше станцій для спостережень над вітром на висотах. Виробляються також численні спостереження з літаків.

3.5 Метеорологічна служба

У всіх країнах існують спеціальні державні організації, так звані метеорологічні служби, до складу яких входять мережі станцій і наукові метеорологічні установи. Завданням метеорологічної служби є наукове дослідження атмосфери і практичне обслуговування народного господарства інформацією про погоду і клімат і прогнозами погоди

В Україні до складу гідрометеорологічної служби разом з метеорологічними входять і гідрологічні станції і установи. Крім мережі станцій, вона включає ряд наукових інститутів, центральних і периферійних, ряд обласних гідрометеорологічних обсерваторій і численні органи служби погоди по всій країні (бюро прогнозів, авіаметеорологічних станцій та ін.) та академії наук, повітряного і морського флоту, залізничного транспорту та ін.

3.6 Всесвітня метеорологічна організація

Атмосферні процеси не знають державних кордонів, і метеорологічні спостереження і дослідження ведуться в усіх країнах. Тому існує нагальна потреба в однаковості методики спостережень і їх обробки, в обміні інформацією, в уніфікації форм оперативного обслуговування метеорологічною інформацією та прогнозами, а отже, відповідно роботи метеорологічних служб всього світу. Це є завданням Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО).

Міжнародне співробітництво в області метеорології почалося в другій половині XIX століття. У 1873 р відбувся перший міжнародний метеорологічний конгрес, який заклав основи Міжнародної метеорологічної організації з регулярно скликає конференцію директорів метеорологічних служб, з Міжнародним метеорологічним комітетом, які працювали в перервах між конференціями, і з рядом міжнародних комісій з різних питань метеорології.

Особливих успіхів Міжнародна метеорологічна організація досягла за період між двома світовими війнами. Після другої світової війни вона була відновлена на новій основі, як Всесвітня метеорологічна організація при Організації Об'єднаних Націй.

Кожні 5 років збираються всесвітні конгреси ВМО, які обирають Виконавчий комітет і президента організації; регулярно працює ряд технічних комісій та робочих груп. Секретаріат ВМО знаходиться в Женеві. Найважливішою сучасною завданням ВМО є організація Всесвітньої служби погоди, т. ін. Тісної співпраці всіх країн світу в постановці метеорологічних спостережень в планетарному масштабі, в поширенні інформації, в розробці та поширенні прогнозів погоди за єдиною узгодженою схемою.

Цю Всесвітню службу погоди повинні очолювати три світових метеорологічних центру - в Вашингтоні, Мельбурні і Москві,- і 25 регіональних центрів. Перші ряди інструментальних спостережень і виникнення мереж метеорологічних станцій. Створення перших метеорологічних приладів і початок кількісних спостережень за метеорологічними явищами відзначили собою новий період розвитку науки в XVIII в. У цьому і наступному століттях були зроблені два важливих кроки до створення сучасної системи метеорології: були намічені перші метеорологічні ряди спостережень у багатьох місцях Європи і Америки і зроблені перші вдалі досліді пристрої мережі метеорологічних станцій в сучасному понятті. Найстаріший ряд метеорологічних інструментальних (притому одночасних) спостережень був зроблений за задумом Паскаля. Найбільш давні спостереження про опади у виді дощу були зроблені у Франції. Е. Маріоттом в «Трактаті про рух вод», що вийшов в 1686 р через два роки після його смерті, де вчений виступив з інфільтраційною теорією ґрунтових вод, яка підкріплювала доводи кількісними дождемерними спостереженнями.

3.7 Автономний метеорологічний комплекс АМК–03

Автоматизований метеорологічний комплекс (АМК) це апаратно - програмний комплекс для виконання автоматичних вимірювань ряду метеорологічних величин,

що складається з датчиків, контролера, ПК і модуля підсистеми низового зв'язку, в якому передбачена можливість візуального відображення результатів вимірювань для їх контролю та ручного введення візуально спостережуваних величин (характеристик).

Автоматична метеорологічна станція (АМС) це апаратно - програмний комплекс, призначений для повністю автоматичних вимірювань ряду метеорологічних величин, що складається з датчиків, контролера і модуля підсистеми низового зв'язку.

Автоматизований метеорологічний комплекс і автоматизований актинометричний комплекс (ААК) представляють собою вимірювально – інформаційні системи, кожна з яких складається з двох підсистем.

Перша з них здійснює за допомогою датчиків перетворення фізичних величин, що вимірюються (температури, вологості, швидкості і напрямку вітру, прямий, розсіяною, сумарною радіації і т. ін.) в електричні сигнали, що надходять на вхід контролера, або колектора. У ньому виконується подача електричних сигналів з датчиків на вхід вимірювального вузла і перетворення результату вимірювання в послідовність електричних прямокутних імпульсів, які розділені різними проміжками часу. Закодовані таким чином числа відповідають значенням фізичної величини, що впливає на датчик.

Друга підсистема на базі ПК здійснює обробку прийнятих нею чисел по закладеній в неї програмі, управління пристроями зв'язку, формування повідомлень, відображення на екрані монітора значень виміряних і обчислених величин в цифровий або графічній формі, управління введенням даних, що надходять від спостерігача через клавіатуру або маніпулятор («мишку»).

Обидва комплекси (АМК, ААК) пов'язані один з одним лінією зв'язку, що складається з двох звитих проводів. Устаткування першої підсистеми розміщується на метеомайданчику, а другий - в службовому приміщенні.

Базова комплектація АМК і АМС включає такі датчики: атмосферного тиску; температури повітря; відносній вологості повітря; параметрів вітру.

Можливе підключення додаткових датчиків:

- температури поверхні ґрунту і температури ґрунту на глибинах, включаючи глибину 3 см;
- кількості і інтенсивності рідких опадів (осадкомера).

Комплектація ААК, що виконує програму стандартних або розширених актинометричних спостережень, включає наступні датчики:

- актинометр (піргеліометр) - для вимірювання прямої сонячної радіації;
- піранометр - для вимірювання сумарної, розсіяної і відбитої сонячної радіації;
- піргеометр - для вимірювання приходить і йде довгохвильової радіації;
- ультрафіолетметр - для вимірювання сумарної ультрафіолетової радіації (А і В).

У комплект поставки входять компоненти кріплення для кожного датчика комплексів (станцій).

На станціях, де встановлюється АМК, паралельно зі стандартними спостереженнями за табельною СІ, вимірювання температури і вологості повітря, атмосферного тиску, параметрів вітру, рідких опадів, а також температури ґрунту (вибірково) виробляються в автоматичному режимі (безперервно).

3.8 Розробка і опис структурної схеми системи

3.8.1 Опис структурної схеми системи збору метеорологічної інформації

В роботі розроблено структурну схему системи збору метеорологічної інформації (додаток А). Схема містить групу метеостанцій, кожна з яких вимірює стан метеорологічних параметрів в межах обмеженої місцевості. Кожна метеостанція має групу давачів, які вимірюють параметри контролю і перетворюють їх у сигнал на одній лінії 1-WIRE. Сигнали з давачів подаються на контролери метеостанцій, які виконані на основі сучасних мікроконтролерів. Мікроконтролери керують мережею 1-WIRE, отримують параметри контролю, обробляють ці параметри, зберігають, відображають на пристроях індикації та передають через GSM-модеми та

радіоканал на центральний пункт збору інформації. Цей пункт керує роботою окремих метеостанцій та всією системою в цілому. Для керування мережою мікроконтролерів метеостанцій використовується ведучий мікроконтролер, який за допомогою відповідного мережевого протоколу (підрозділ 4.4.4) опитує окремі метеостанції та передає їм керуючі сигнали.

3.8.2 Опис структурної схеми метеостанції

В роботі розроблена структурная схема окремої метеостанції. Вона містить: модуль давачів, модуль обробки інформації, пристрій відображення інформації, GSM-модем та шину 1-WIRE.

Модуль давачів виконує вимірювання наступних метеопараметрів: температури повітря, атмосферного тиску, вологості, швидкості та напрямку вітру, сонячної радіації, температури ґрунту та рівня опадів.

П'ять з названих давачів мають вбудований модуль 1-WIRE, тобто їх виходи можуть напряму підключатися до спільної лінії мережі 1-WIRE (шини 1-WIRE). Три датчики видають на виході аналогові сигнали, які за допомогою 1-WIRE-перетворювачів підключаються до спільної шини.

Керує роботою метеостанцій сучасний мікроконтролер ATmega128, який згідно з розробленим в роботі алгоритмом опитує стан датчиків, зберігає параметри контролю у пристрої зберігання, відображає інформацію та через інтерфейс RS232 керує GSM-радіомодемом. Останній зв'язує окремі метеостанції через радіоканал з центральним пунктом збору метеорологічної інформації. Функцію інтерфейса RS232 виконує модуль універсального асинхронного приймача/передавача, який входять у склад мікроконтролера.

Для узгодження цифрових рівнів сигналів інтерфейсу з рівнями модему використовується пристрій перетворення рівнів.

Кварцовий резонатор визначає значення системної тактової частоти f_{CLK} .

Схема скидання формує сигнал «RESET» (скидання) при включенні живлення та від зовнішньої кнопки.

4 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ

4.1 1–WIRE інтерфейс

4.1.1 Загальний опис інтерфейсу

Однопровідний низкошвидкісний інтерфейс 1–WIRE розроблений фірмою Dallas Semiconductor. Цей інтерфейс застосовується в мережах з централізованим керуванням та шинною топологією–1–WIRE [4]. Для обміну у мережі використовуються одна лінія даних DATA та один зворотний провід. Для реалізації обміну цією мережею потрібні кабелі, які мають неекрановану виту пару, або, наприклад, телефонний провід. При прокладці кабелі не потребують спеціального обладнання. Максимальна довжини однопровідної лінії: 300 м.

Інтерфейс 1-WIRE може застосовуватися для двонаправленого обміну даними з різними периферійними пристроями, наприклад, датчики температури, електронні ключі, акумулятори, і. т. ін.).

При обміні даними використовується принцип: Master-Slave (ведучий-ведений). Пристрої з інтерфейсом 1-Wire бувають двох типів: «Master» (ведучий пристрій) і «Slave» (відений пристрій). Як «Master» виступає контролер, а як «Slave» - різні периферійні пристрої. До однієї шини 1-WIRE можна підключити до 248 slave-пристроїв, тому що кожен пристрій має унікальний 48-бітний серійний номер. Разом з байтом «CRC» і байтом «family code», який визначає тип пристрою, утворюється унікальний 64 –бітний код. На шині 1-Wire повинен бути один ведучий пристрій.

Під час роботи мережі її конфігурація може змінюватися. У цьому випадку треба дотримуватись основних принципів організації однопровідної шини. Це досягається використанням спеціальної команди пошуку ведених пристроїв, яка дозволяє швидко визначити нових учасників інформаційного обміну. Швидкість виконання такої команди дає можливість обробити приблизно 75 вузлів мережі за секунду.

Для 1–WIRE–інтерфейсу характерною є передача сигналів в асинхронному та напівдуплексному режимі. Вся інформація, яка циркулює в мережі, сприймається абонентами або як команди, або як дані. Ведучий мікроконтролер генерує команди мережі та забезпечує різні варіанти пошуку та адресації ведених пристроїв,

визначає активність на шині окремих компонентів, керує обміном даними в мережі і т. ін.

Мережа 1-WIRE може працювати зі швидкістю до 16,4 Кбіт/с. Ця швидкість обрана з урахуванням забезпечення максимальної надійності передачі даних на великі відстані, а також з урахуванням швидкодії мікроконтролерів, які в основному повинні використовуватися при реалізації ведучих пристроїв. Швидкість обміну можна зменшити завдяки введенню примусової затримки між передачею в лінію окремих бітів даних. Можливо збільшити швидкість обміну до 125 Кбіт/с за рахунок переходу на спеціальний прискорений режим обміну, який допускається для окремих типів однопровідних 1-WIRE-компонентів на невеликій по відстані та якісній лінії, яка не перевантажена іншими пристроями лінії зв'язку.

Для живлення пристроїв можна використовувати як незалежне джерело, так і сигнальний провід.

4.1.2 Фізична реалізація

На апаратному рівні інтерфейс 1-WIRE реалізується достатньо просто. Спрощену схему, яка показує апаратну реалізацію інтерфейсу, наведено на рисунку 4.1.

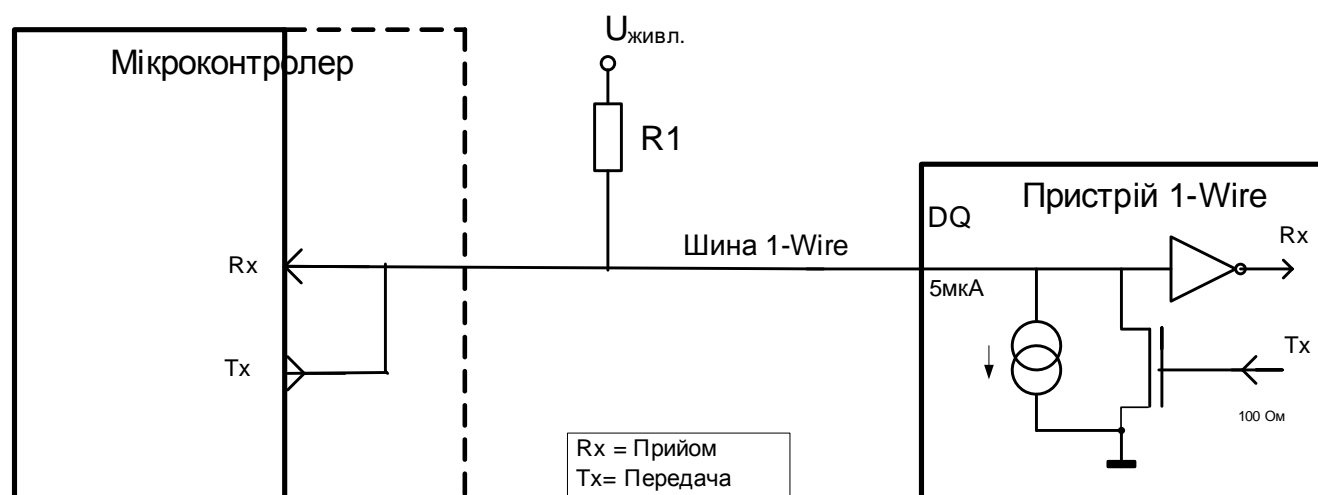


Рисунок 4.1 – Інтерфейс 1-WIRE, апаратна реалізація

Пристрій має один вивід DQ, який є входом КМОП-логічного елемента у складі пристрою. Цей елемент можна зашунтувати польовим транзистором, який має опір у

відкритому стані: близько 100 Ом. Якщо транзистор закритий, то на спільний провід протікає невеликий струм витоку: біля 5 мкА.

При проектуванні мережі шини 1–WIRE треба підтягнути до напруги живлення пристроїв додатковим резистором R1. Рекомендований опір резистора складає: 4,7 кОм. Це значення рекомендується тільки для досить коротких ліній. Для підключення пристроїв, які віддалено на досить велику відстань, треба опір цього резистора зменшити. Його мінімальне значення : 300 Ом, а максимальне: 20–30 кОм. Ці величини уточнюються за характеристиками конкретних пристроїв 1–WIRE, які використовуються в мережі.

На рисунку 4.1 мікроконтролер може підключатися до шини в двох варіантах. При першому варіанті використовуються два окремих вивод мікроконтролера: один як вхід, другий–вихід. При другому варіанті використовується один вхід, який працює або як вхід, або як вихід. Ці два способи на схемі розділяються за допомогою пунктирної лінії. Ця лінія умовно позначає границю корпусу мікроконтролера. Логічну будову шини 1–WIRE виконано за відомим з'єднанням виходів мікросхем з відкритим колектором за схемою «монтажне АБО», якщо вихідні логічні сигнали мають низький рівень. Передача інформації можлива тільки при видачі в лінію сигналів низького рівня. У високий рівень через наявність зовнішнього резистора, який підтягує, схема повернеться після зняття нуля.

4.1.3 Передача даних в мережі 1–WIRE

Існують наступні правила передачі даних в мережі [4]:

- а) обмін починається за ініціативою мікроконтролера, який є ведучим пристроєм;
- б) для початку обміну інформацією ведучий пристрій подає в лінію 1WIRE імпульс скидання (“Reset Pulse” або просто RESET);
- в) після отримання живлення пристрій, який під'єднано до шини, видає в лінію DQ імпульс присутності “Presence Pulse” (PRESENCE). Він також видає в лінію імпульс, якщо отримає сигнал RESET ;

- г) поява імпульсу PRESENCE свідчить про наявність хоча б одного пристрою на шині;
- д) обмін ведеться тайм-слотами: один тайм-слот використовується для обміну одним бітом інформації;
- е) дані передаються байтами, починаючи з молодшого біта. Достовірність обмінюваних даних виконується шляхом підрахунку циклічної контрольної суми.

Коли при ініціалізації сигналу PRESENCE не було виявлено, це означає, що немає готових до обміну пристроїв.

4.1.5 Особливості застосування 1-WIRE-мереж

4.1.5.1 Характеристика та структура системи

Структура системи на прикладі вимірювання температури наведена на рисунку 4.2.

Система може вимірювати температуру в приміщенні, де необхідно вимірювати температуру в декількох точках. Система має набір датчиків, які можуть бути розміщено на відстані до 300 метрів. Система відображає температуру в приміщенні на LCD-дисплеї та передає дані на модем для подальшої обробки.

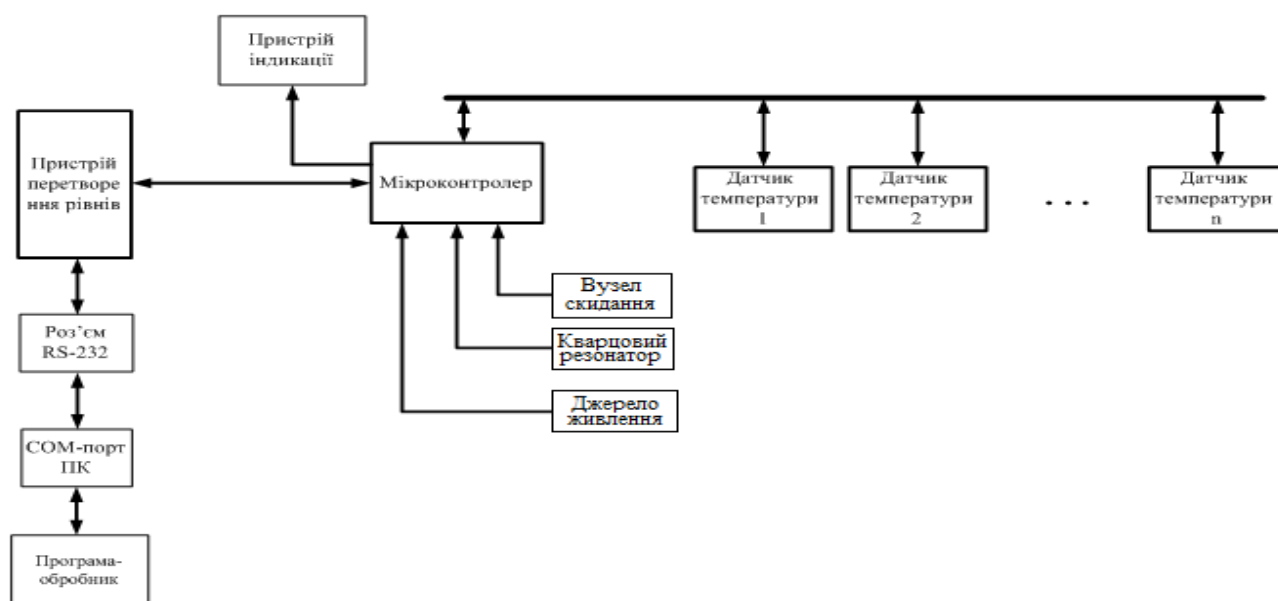


Рисунок 4.2–Система вимірювання температури, структурна схема

4.1.5.2 Загальна характеристика датчика температури

На рисунку 4.2 як ведені пристрої використовуються датчики температури DS18B20[4]. Вони можуть мати розрядність вихідного коду від 9 до 12 біт, яка програмується. Значення розрядності зберігається у EEPROM–пам'яті приладу. Датчик DS18B20 має вбудований модуль 1–WIRE, тому може використовуватися для обміну даними по 1–WIRE–шині. При цьому в мережі може бути або один пристрій або декілька. Керує шиною ведучий мікроконтролер.

Датчик може вимірювати в діапазоні: від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$. Точність вимірювання складає: 0.5°C – в діапазоні від -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Датчик DS18B20 може отримувати живлення від напруги на лінії даних ("паразитне живлення"), якщо відсутнє зовнішнє джерело напруги.

Розташування контактів датчика наведено на рисунку 4.3.

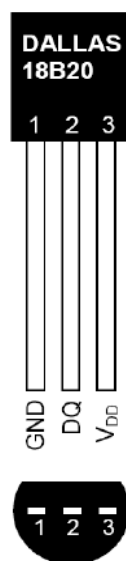


Рисунок 4.3 – Розташування контактів датчика DS18B20

Опис виводів датчика наведено в таблиці 4.1.

Кожен датчик має унікальний 64–бітовий двійковий код. Це дозволяє працювати з багатьма датчиками, які встановлено на одній шині. Вказаний принцип дозволяє використовуючи один мікроконтролер контролювати певну кількість датчиків DS18B20, які розташовано на деякій відстані.

Таблиця 4.1 –Опис виводів датчика DS18B20

№	Назва виводу	Опис
1	GND	Спільний вивід
2	DQ	Вивід даних введення/виведення. За цією лінією може подаватися «паразитне живлення»
3	VDD	Живлення. Коли використовується паразитне живлення VDD необхідно з'єднати зі спільним проводом

На рисунку 4.4 наведено структуру датчика DS18B20. У постійному запам'ятовуючому пристрої (ROM) зберігається 64-бітовий оригінальний двійковий код приладу. В оперативну пам'ять входить 2-байтовий регістр температури. Він зберігає значення температури, коли закінчується процес вимірювання. У пам'ять EEPROM входить регістр конфігурації та два регістри контролю температури (TH і TL), які можуть зберігати один байт. За допомогою регістра конфігурації можна задавати розрядність перетворювача температури: 9, 10, 11, або 12 біт. Очевидно, що це впливає на час вимірювання температури. Вони можуть зберігати дані навіть тоді, коли прилад вимкнено.

Шина підключається до джерела живлення через резистор, що підтягує, , так як Всі пристрої зв'язані з шиною через Z-стан або вивід відкритий стік. Мікроконтролер використовуючи 64-бітовий код приладу звертається до шини для ідентифікації та звернення до датчиків температури. Кожен датчик має унікальний код. На одній шині число приладів, до яких можна звернутися, необмежено.

Через резистор, що підтягує, датчик може працювати без зовнішнього живлення. Коли на шині високий сигнал, заряджається внутрішній конденсатор (C_{pp}). Ця напруга живить прилад, коли на шині низький рівень. Це зветься «паразитне живлення». Максимальна температура, яку можна вимірювати: +100 ° С. Для діапазону температур до +125 ° С треба використовувати зовнішнє живлення.

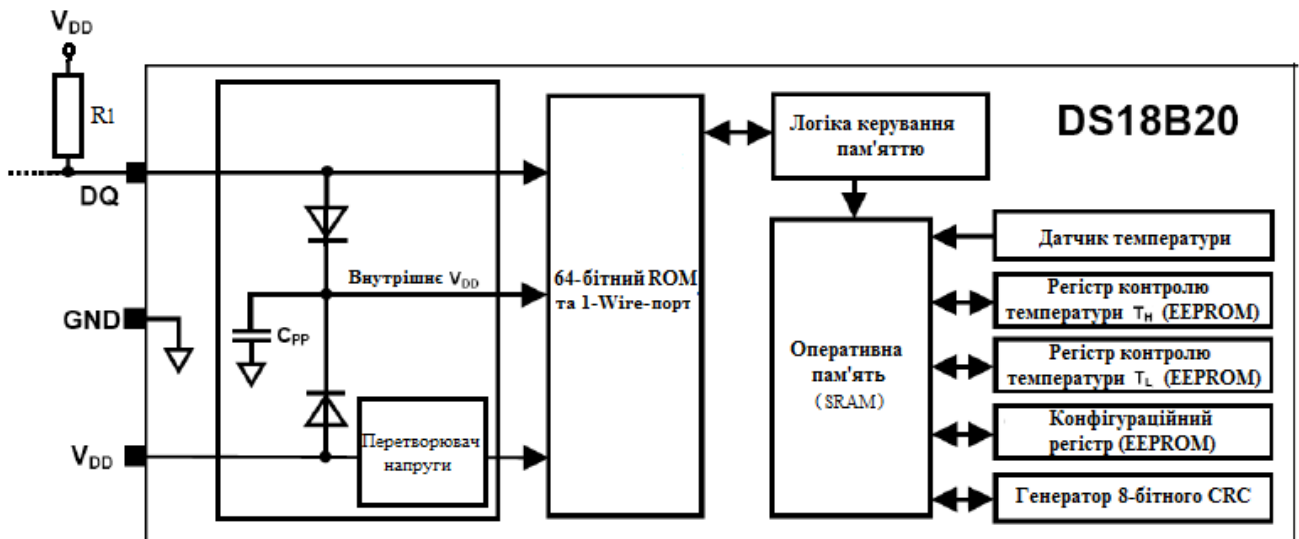
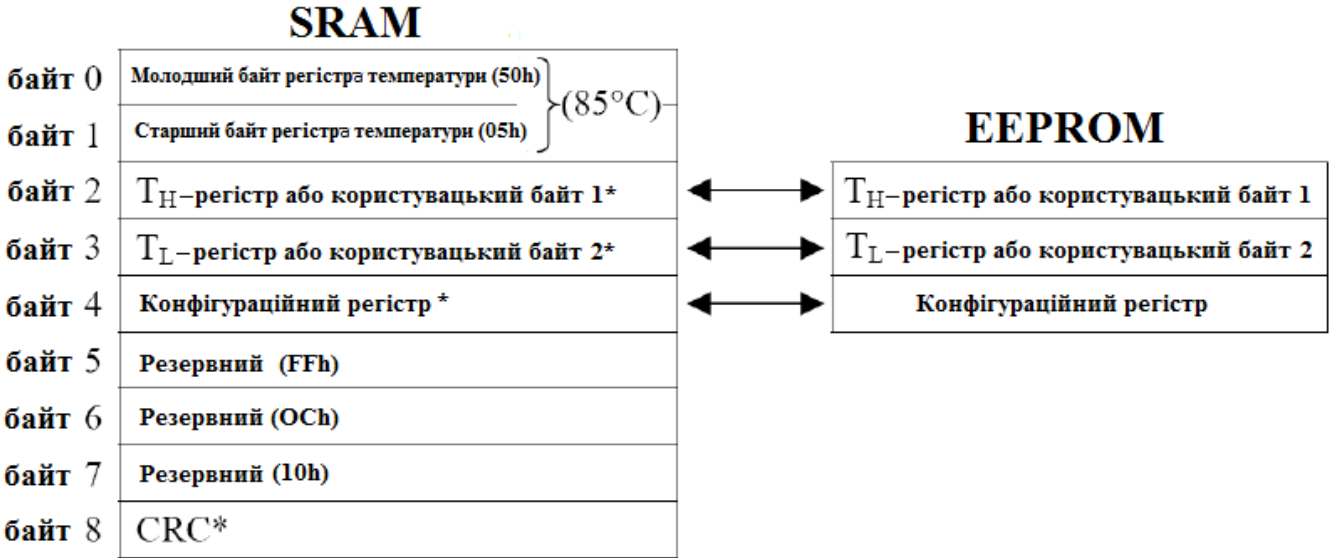


Рисунок 4.4 – Датчик DS18B20, схема структурна

4.1.5.3 Організація пам'яті

На рисунку 4.5 показано як організовано пам'ять датчика DS18B20[4]. У пам'ять входить оперативна енергозалежна пам'ять SRAM і енергонезалежна пам'ять EEPROM. Регістр температури займає перші два байти пам'яті SRAM. Далі росташовуються регістри стану «Аварія». Вони відображають верхню та нижню межу (TH і TL) та регістр конфігурації. Якщо стан «Аварія» не використовується, то регістри TH і TL можуть бути комірками пам'яті SRAM.



(* – Стан після включення живлення залежить від значень, збережених в EEPROM)

Рисунок 4.5 – Датчик DS18B20, організація пам'яті

4.1.5.3.1 Регістр температури

Поточне значення температури зберігають байти 0 і 1 регістра температури. Це значення температури після подачі живлення: +85 градусів. Формат регістра подано на рисунку 4.6. На рисунку S – знак температури: 0 – додатна, 1 – від’ємна), біти: від 11–го до 4–го це ціла частина значення температури, а біти від 3–го до 0–го це дробова частина.

	біт 7	біт 6	біт 5	біт 4	біт 3	біт 2	біт 1	біт 0
Молодший байт	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
	біт 15	біт 14	біт 13	біт 12	біт 11	біт 10	біт 9	біт 8
Старший байт	S	S	S	S	2^7	2^6	2^5	2^4

Рисунок 4.6 –Біти регістра температури

4.1.5.3.2 Стан «Аварія»

Після виконання температурного перетворення поточне значення порівнюється зі значеннями, які записано в регістрах T_H і T_L (рисунок 4.7

біт 7	біт 6	біт 5	біт 4	біт 3	біт 2	біт 1	біт 0
S	2^6	2^5	2^5	2^5	2^2	2^1	2^0

Рисунок 4.7 – Формат регістрів T_H та T_L

Біт S вказує на знак числа, додатне чи від’ємне значення температури: для додатних чисел S = 0 і для від’ємних чисел S = 1. Регістри T_H і T_L входять до енергонезалежної пам’яті даних EEPROM. Вони зберігають дані після зняття живлення. До регістрів T_H і T_L можна звернутися через байти 2 і 3 пам’яті SRAM.

Для порівняння використовується тільки ціле значення температури: біти 4...11 регістра температури. Коли температура вище або дорівнює T_H або нижче або дорівнює T_L, то формується стан «Аварія». При цьому встановлюється прапорець «Аварія». Він оновлюється після кожного наступного перетворення. У випадку, коли при наступному перетворенні стан «Аварія» пропаде, тоді після чергового перетворення прапорець буде скинуто.

Ведучий мікроконтролер може перевірити стан «Аварія» всіх датчиків на шині. Для цього він подає команду «Пошук Аварії», яка має код: ECh. Кожен датчик, у якого встановлений прапорець «Аварія», буде відповідати на цю команду. Так ведучий мікроконтролер може визначити датчики DS18B20, які знаходяться в стані «Аварія». Для перевірки умови контролю температури, яку задано в регістрах TH або TL, при зміні значень регістрів TH або TL необхідно запустити нове температурне перетворення.

4.1.5.3.3 Конфігураційний регістр

Четвертим байтом пам'яті SRAM є конфігураційний регістр. Він задає температурну розрядність датчика. Початкове значення регістра визначається вмістом вмісту EEPROM-пам'яті. На рисунку 4.8 подано формат конфігураційного регістра. R1, R0 це біти, які задають температурну розрядність датчика. Від неї залежить максимальний час перетворення (таблиця 4.2).

біт 7	біт 6	біт 5	біт 4	біт 3	біт 2	біт 1	біт 0
0	R1	R0	1	1	1	1	1

Рисунок 4.8 – Конфігураційний регістр

Таблиця 4.2 – Залежність розрядності та максимального часу вимірювання від значень розрядів R1, R0

R1	R0	Розрядність	Максимальний час перетворення
0	0	9 біт	93,75 мс
0	1	10 біт	187,5 мс
1	0	11 біт	375 мс
1	1	12 біт	750 мс

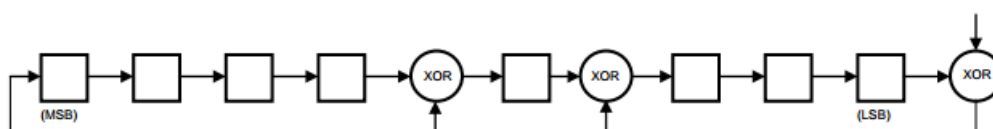
4.1.5.3.4 Циклічний надлишковий код (CRC)

CRC або контрольна сума у давачах це байт, значення якого обчислюється за спеціальним алгоритмом [4]. Для цього використовуються значення 7-ми попередніх байтів коду давача. Це байт передається останнім. Якщо всі байти передані–прийняті без спотворень, а спотворення цілком можливі, якщо згадати

характер апаратної реалізації інтерфейсу, то прийнятий байт контрольної суми обов'язково збігається з розрахунком в мікроконтролері або пристрої значенням. При реалізації програмного алгоритму обміну інформацією треба при передачі та прийомі байтів підраховувати контрольну суму, а потім або передати отримане значення, коли ми вели передачу адреси/даних, або порівняти розраховане значення зі значенням CRC, яке прийняте. Вважають прийнятні дані достовірними, якщо має місце збіг обох CRC: МК або пристрою. Інакше продовження обміну неможливе. Як для МК, так і для будь-якого пристрою алгоритм підрахунку CRC повинен бути однаковим. Перевірка CRC проходить за використанням наступного утворюючого многочлена:

$$x^8 + x^5 + x^4 + 1.$$

При цьому многочлені схема формування CRC наступна:



Якщо, наприклад, адреса датчика DS18B20 є «2830C5B80000008E», тоді останній байт його адреси: 8E це контрольна сума.

4.1.5.3.5 Формат коду датчика

Формат коду датчика DS18B20, який містить унікальний 64-бітовий код, збережений в ROM, зображено на рисунку 4.9 [4]. Молодший байт коду це код сімейства 1-WIRE. При використанні датчика DS18B20 це 28h. Далі ідуть 48 біт, які відповідають унікальному серійному номеру датчика. Старший байт це CRC-байт, який обчислений для перших 56 біт коду давача. Адресація пристроїв 1-WIRE виконується завдяки унікальності коду кожного датчика.

8-бітний CRC		48-бітний серійний номер				8-бітний код сімейства (28h)	
MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB

Примітка: LSB – Least Significant Bit (МЗР – молодший значущий розряд)

MSB – Most Significant Bit (СЗР – старший значущий розряд)

Рисунок 4.9 – Формат коду датчика

4.1.6 Команди мікроконтролера

Вище зазначалося, що кожен пристрій 1–WIRE має унікальний ідентифікаційний 64–бітовий номер. Цей номер записується на етапі виробництва мікросхеми. Фірма, яка розробляє прилад, гарантує, що не знайдеться двох мікросхем з однаковим ідентифікаційним номером. При існуючих темпах виробництва це можливо принаймні протягом кількох десятиків років.

Основний принцип обміну шиною 1–WIRE полягає в тому, що на шині є більше одного пристрою. Перед мікроконтролером постають 2 проблеми: визначення кількості наявних пристроїв і адресація одного з них для обміну даними.

Для доступу до датчика DS18B20 необхідно виконати наступну послідовність операцій [4]:

- а) ініціалізація;
- б) видача ROM–команди;
- в) видача функціональної команди;

Всі команди діляться на дві групи:

- а) команди для роботи з адресами пристроїв (ROM–команди). Виконують пошук адреси, зчитування адреси, вибір адреси, тощо;
- б) команди, які вимагає виконання відповідних дій з боку кінцевого пристрою (команди, наявність яких вимагає виконання відповідних дій з боку кінцевого пристрою): функціональні команди.

4.1.6.1 ROM–команди

Деякі з важливих ROM– команд наведено в таблиці 4.3.

4.1.6.2 Функціональні команди

Для читання та запису в оперативну пам'ять датчика, для запуску температурного перетворення або для визначення режиму живлення мікроконтролером використовуються функціональні команди [1].

Таблиця 4.3 – ROM–команди

Команда	Значення байта	Опис
SEARCH ROM	0xF0	Пошук адрес. Визначає кількість та адреси пристроїв
READ ROM	0x33	Зчитування адреси пристрою. Визначає адресу одного пристрою на шині
MATCH ROM	0x55	Вибір адреси. Застосовується для звернення до одного пристрою
SKIP ROM	0xCC	Ігнорування адреси. Застосовується для звернення або до всіх або до одного пристрою

4.1.7 Розробка схеми алгоритму роботи мережі 1–WIRE

Схему алгоритму роботи мережі наведено на рисунку 4.10. Схему алгоритму ініціалізації мікроконтролера, що входить до складу мережі, наведено на рисунку 4.11. Схему алгоритму роботи головної підпрограми, що виконується під час роботи системи, наведено на рисунку 4.12. Схему алгоритму пошуку пристроїв на шині наведено на рисунку 4.13. Схему алгоритму пошуку адреси пристрою наведено на рисунку 4.14. Схему алгоритму процедури отримання значень температури від датчиків наведено на рисунку 4.15. На рисунках 4.10 ...4.15 було використано наступні позначення:

- а) номер поточного біта пошуку у 8–байтному коді–currentBit;
- б) значення поточного біта адреси пристрою–BitA;
- в) значення інверсії поточного біта адреси пристрою–BitB;
- г) 64–х бітовий масив, у який буде записано знайдений код адреси датчика–BitPattern;
- д) індекс біта останнього розходження, яке було у попередньому циклі пошуку–LastDiviation;
- е) індекс біта останнього розходження у поточному циклі пошуку–NewDiviation;
- ж) масив, у який записується адреса знайдених пристроїв– Devices;

- з) посилання на масив із 64-х біт, у який записується адреса знайденого пристрою. Передається у наступну ітерацію пошуку– `newId`;
- и) індекс масиву `Devices`– `i`;
- к) змінна, у яку повертається помилка пошуку– `Error`;
- л) контрольна сума поточного байта при перевірці CRC– `crc8`;
- м) змінна, яка містить адресу першого біта першого елементу масиву `Devices` при перевірці CRC– `rowValue`;
- н) змінна, яка містить адресу першого біта значення температури при перевірці CRC– `scrathpad`.



Рисунок 4.10 –Алгоритм роботи мережі

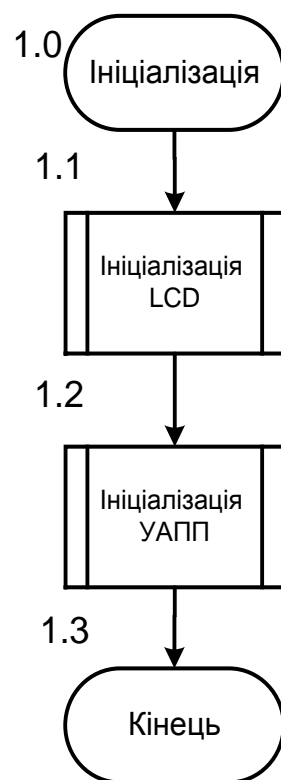


Рисунок 4.11 –Алгоритм ініціалізації мікроконтролера

Ошибка! Ошибка связи.

Рисунок 4.12–Алгоритм роботи головної підпрограми

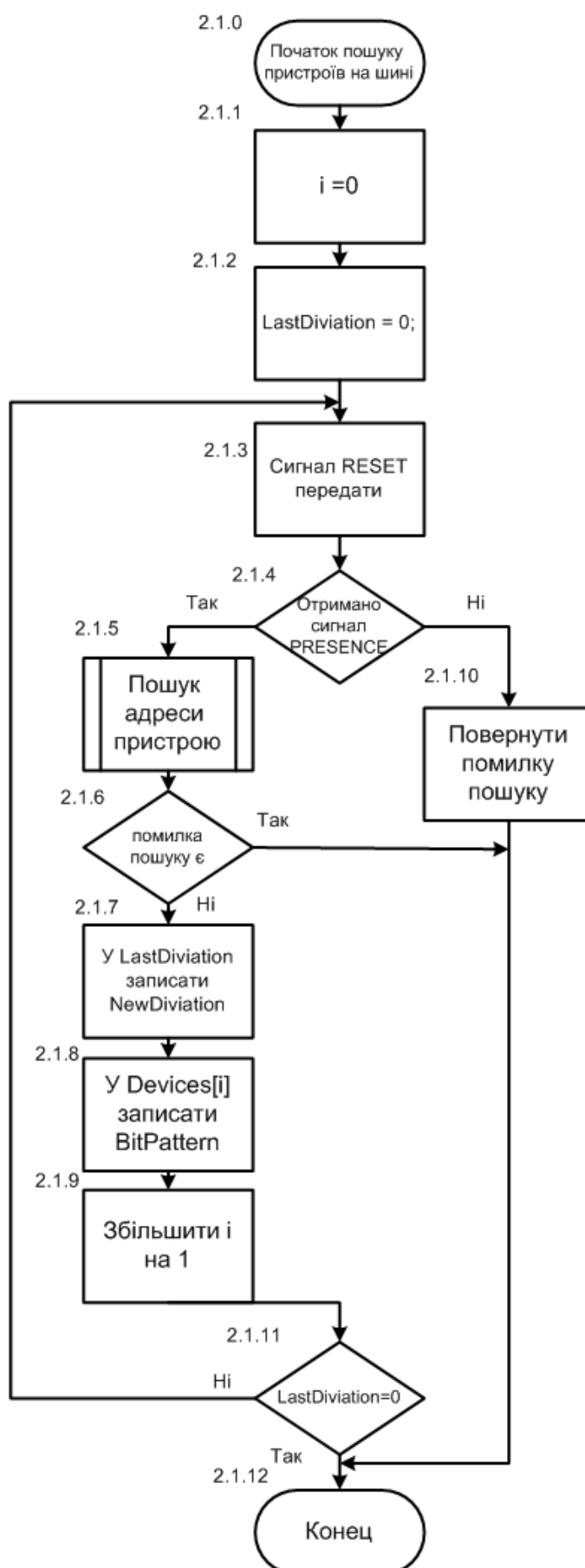


Рисунок 4.13 –Алгоритм пошуку пристроїв на шині

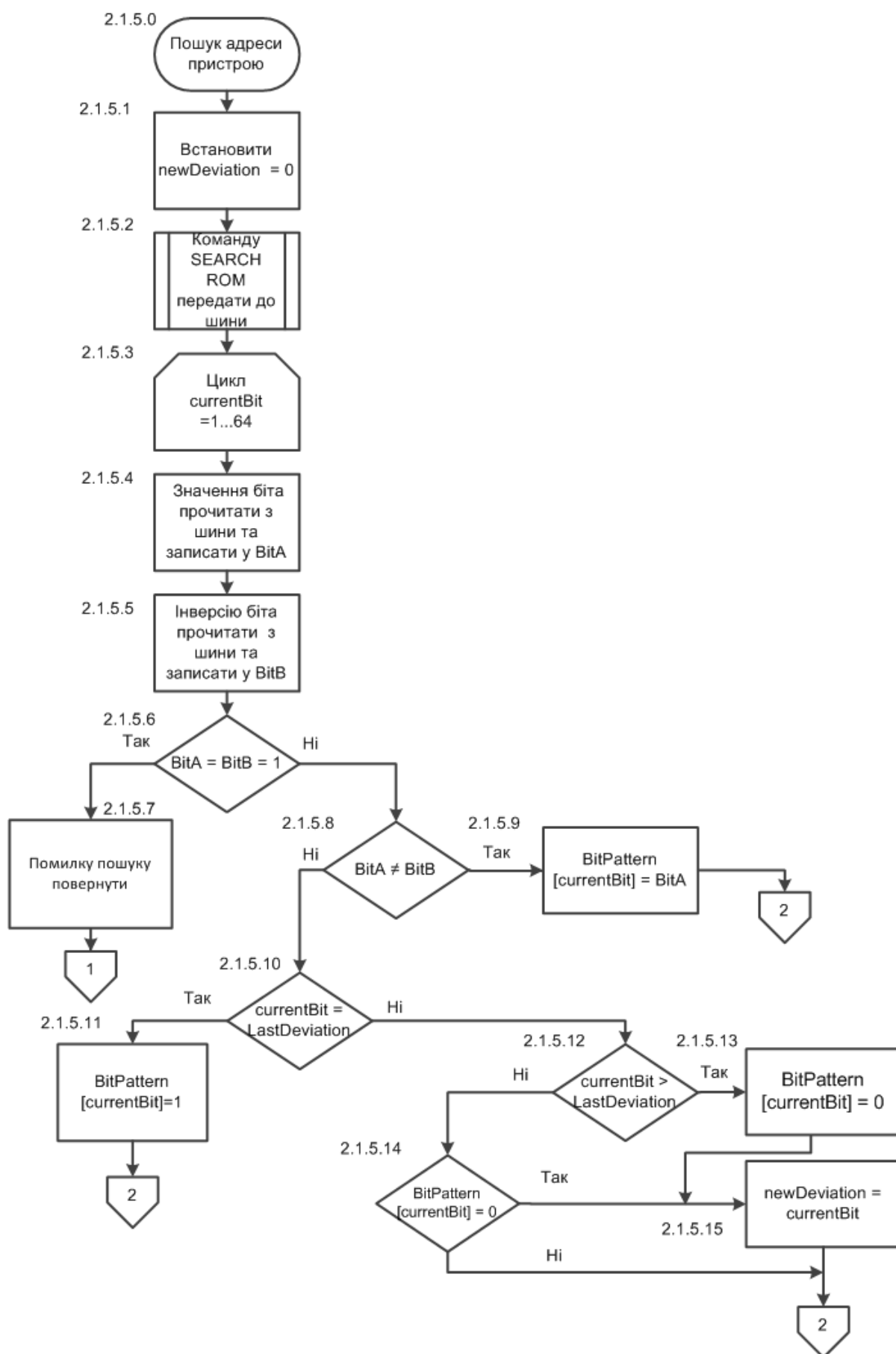


Рисунок 4.14—Алгоритму пошуку адреси пристрою



Продовження рисунку 4.14—Алгоритм пошуку адреси пристрою

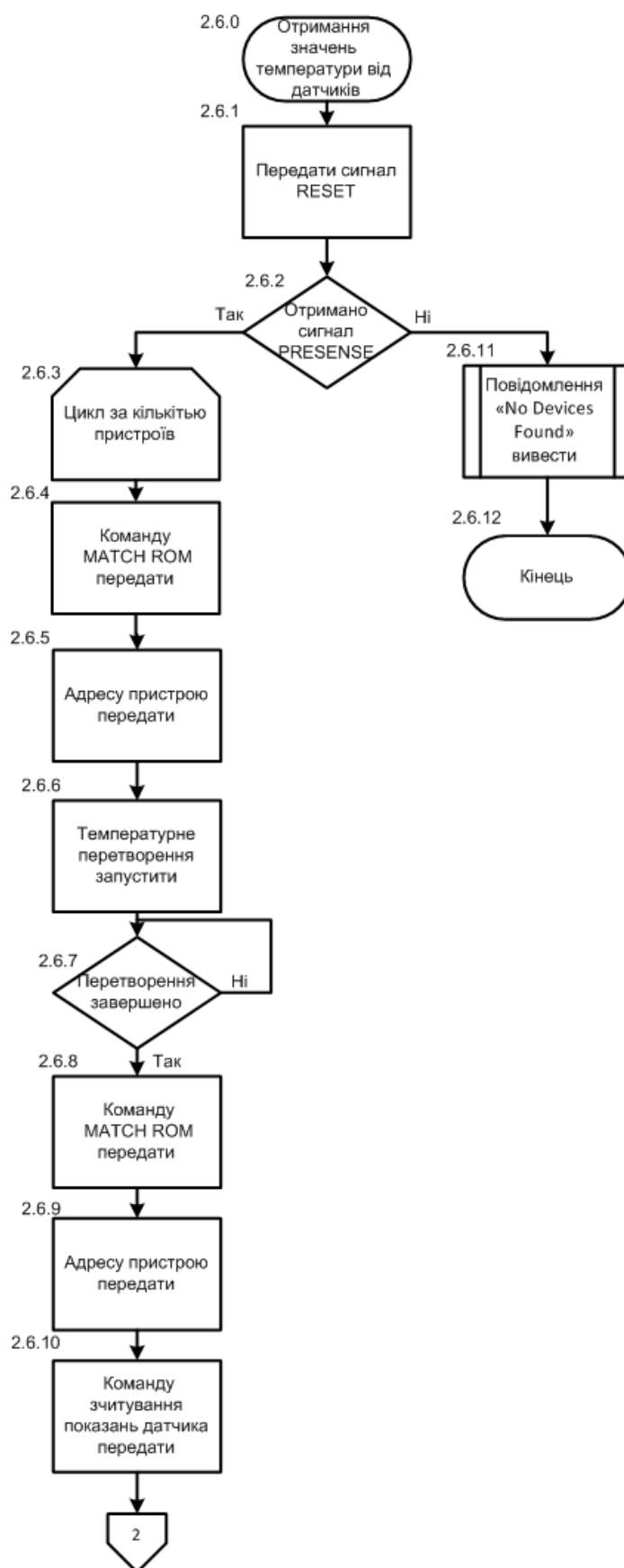
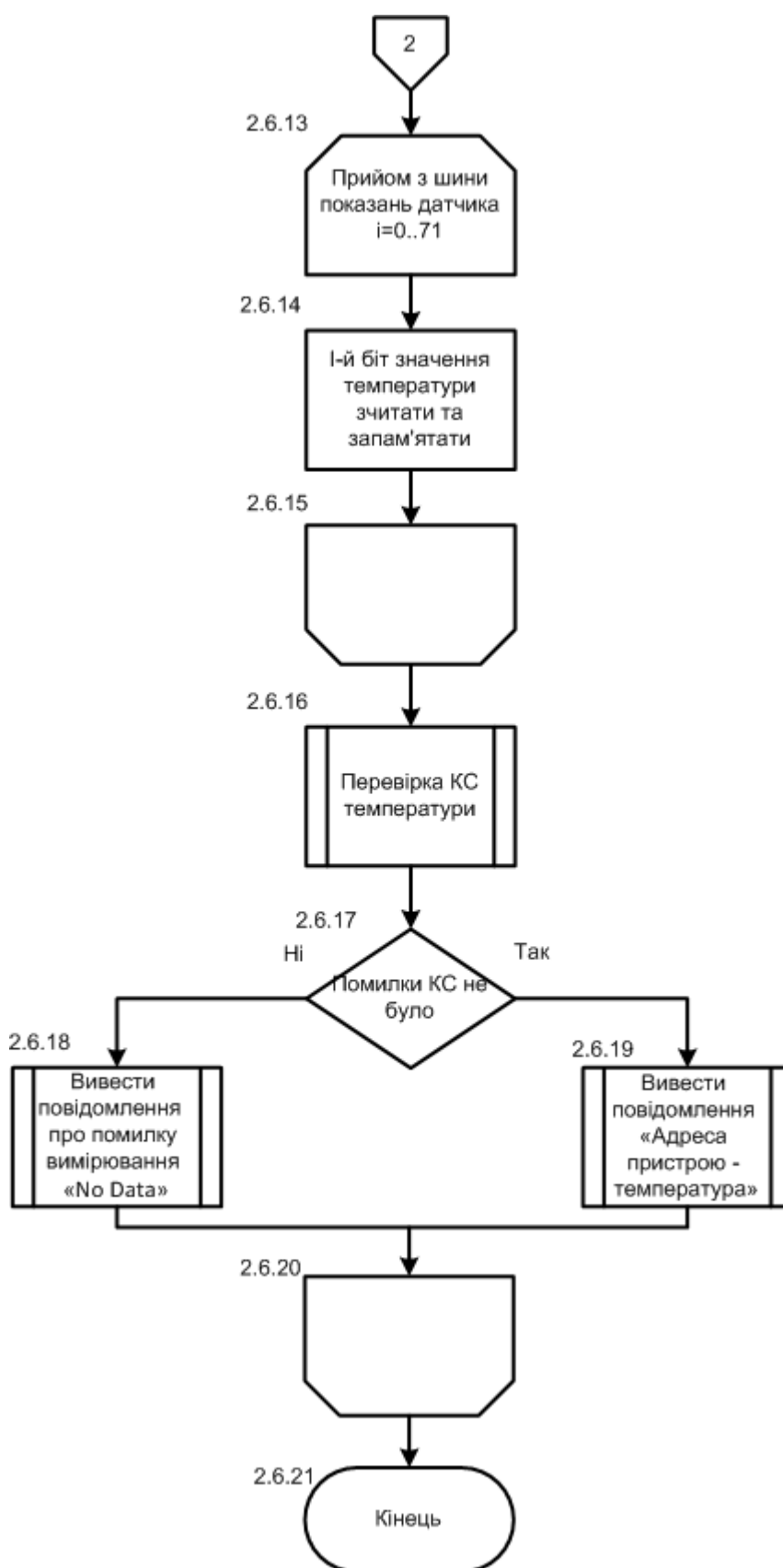


Рисунок 4.15–Алгоритм процедури отримання значень температури від датчиків



Продовження рисунку 4.15—Алгоритм процедури отримання значень температури від датчиків

4.2 Інтерфейс RS232

На рисунку 4.16 подано структура з'єднання мікропроцесора з модемом через RS232 [6]. Схема включає:

- а) УАПП – універсальний асинхронний послідовний приймач /передавач, який програмується;
- б) ППР – пристрій перетворення рівнів;
- в) роз'єм RS–232C;

Крім інтерфейсу RS232 схема сполучення містить:

- а) БРА – буферний регістр адреси;
- б) ШФ – шинний формувач.

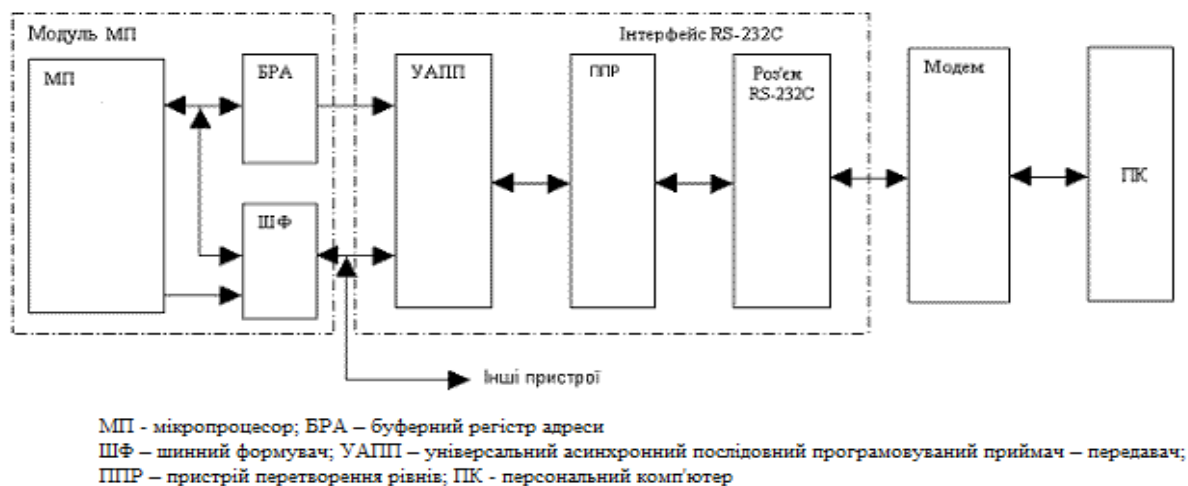


Рисунок 4.16 – Структура з'єднання мікропроцесора з модемом через RS232

4.2.1 Універсальний асинхронний послідовний приймач /передавач, який програмується приймач–передавач

Універсальний асинхронний послідовний приймач /передавач, який програмується (УАПП) (рисунок 4.17) при передачі перетворює дані з паралельного формату в послідовний і з послідовного формату в паралельний при прийомі. Формат даних інтерфейсу подано на рисунку 4.18 [6].

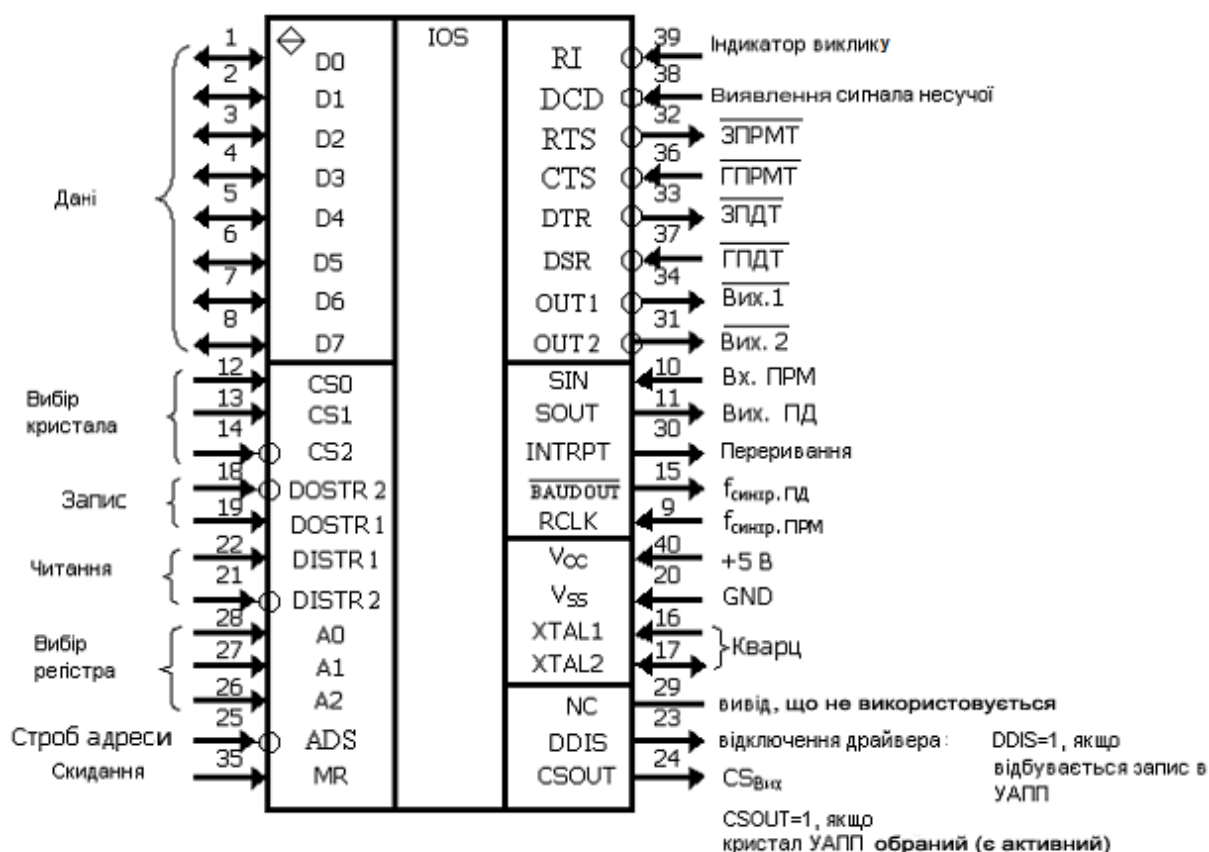


Рисунок 4.17 –Позначення УАПП

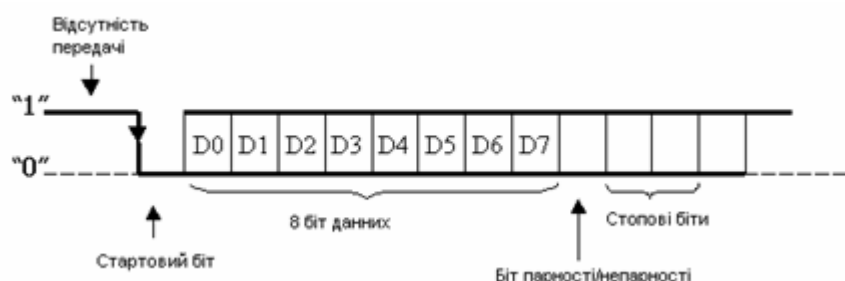


Рисунок 4.18 –Формат даних інтерфейсу

Дані передаються зі стартового біта. В кінці ідуть біт парності або непарності (якщо такий контроль є) і стоп-біт-одиничний сигнал (1; 1,5 чи 2 стоп-біти). Отримавши старт-біт, приймач приймає біти даних. Важливо, щоб тактові частоти приймача і передавача були однаковими, допустима розбіжність – не більше 10 %.

Швидкість передачі інтерфейсом може бути: 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бод (біт/с).

4.2.2 Пристрій перетворення рівнів

Усі сигнали RS-232C передаються/приймаються спеціально обраними рівнями, що забезпечують високу завадостійкість зв'язку (рисунок 4.19) [6]. Слід зазначити, що дані передаються/приймаються в інверсному вигляді: логічній одиниці відповідає низький рівень, а логічному нулю – високий рівень.

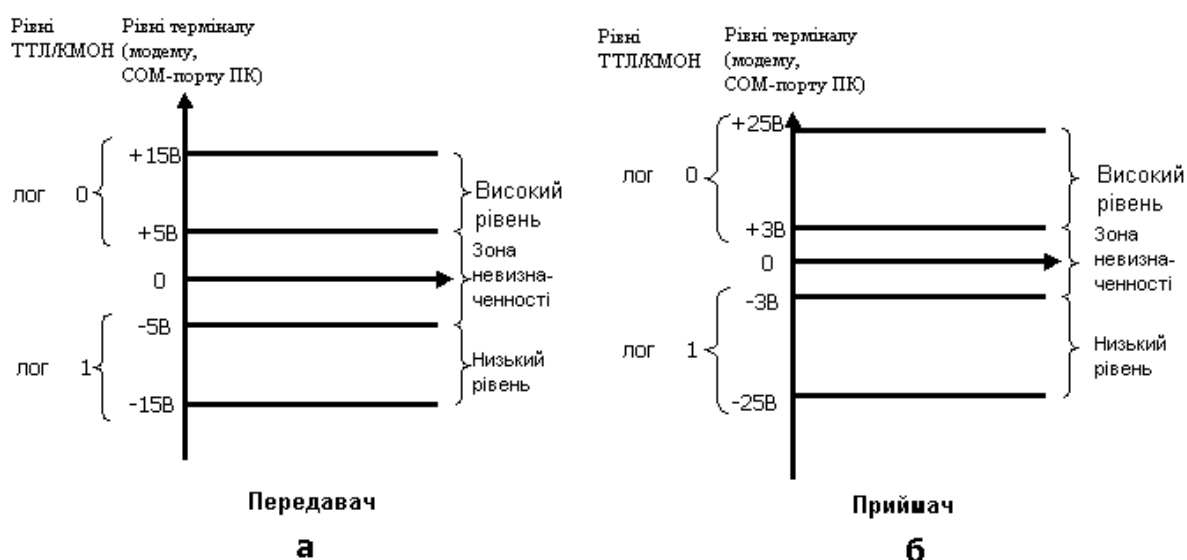


Рисунок 4.19 – Рівні сигналів передавача та приймача

Під час передачі логічного нуля на виході інтерфейсу формується напруга в діапазоні: +5В...+15В. Коли передається одиниця – напруга в діапазоні: -5В...-15В.

При прийомі на вхід надходить напруга в діапазоні: +3В...+25В, що інформацію відповідає логічному нулю, чи напруга в діапазоні: -3В...-25В, що відповідає логічній одиниці.

Тобто, для узгодження TTL/КМОН рівнів сигналів, що діють у мікропроцесорній системі, з рівнями сигналів інтерфейсу, які діють в лінії зв'язку, застосовують пристрої перетворення рівнів.

ППР можна реалізувати на мікросхемі фірми MAXIM: MAX232A. Ця мікросхема (рисунок 4.20) потребує одного джерела живлення +5В та кілька додаткових елементів – конденсаторів C1, C2, ... , C5.

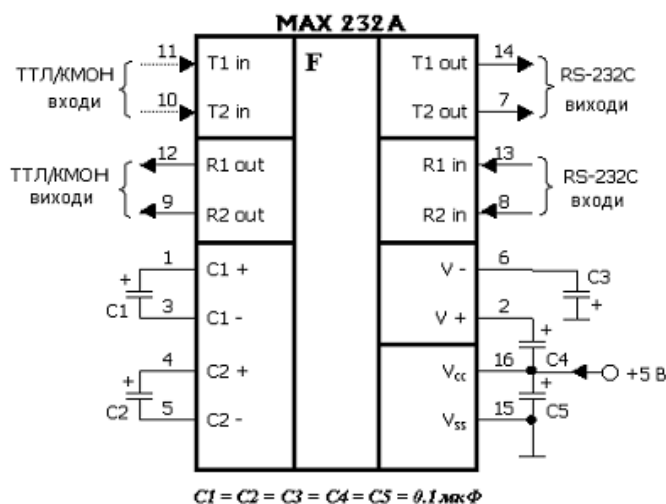


Рисунок 4.20 – Мікросхема MAX232A, позначення і особливості підключення

4.2.3 Роз'єм RS-232C

Для зв'язку інтерфейсу із терміналом, яким може бути модем, використовується 9-контактний роз'єм (рисунок 4.21) [6].

Призначення контактів:

- а) SG – нульовий провід;
- б) TxD – дані, що передаються;
- в) RxD – дані, що приймаються;
- г) DCD – виявлення несучої даних ;
- д) DTR – запит передавача терміналу-модему;
- е) DSR – готовність передавача терміналу-модему;
- ж) RTS – запит приймача терміналу-модему;
- з) CTS – готовність приймача терміналу-модему;
- и) RI – індикатор виклику.

Окрема мікросхема УАПП потрібна, коли використовується мікропроцесор. В роботі застосовано мікроконтролер. Він має вбудований модуль УАПП, який входить у склад останнього. В роботі для з'єднання МК та модема застосовано пристрій формування рівнів та дев'ятиконтактний роз'єм.



Рисунок 4.21 – 9-контактний роз'єм RS-232C

4.3 Мікроконтролер

У проекті обрано мікроконтролер ATmega128 [1, 2]. Як і всі мікроконтролери AVR фірми «Atmel», мікроконтролери сімейства Mega є 8-розрядними мікроконтролерами, призначеними для вбудованих додатків. Вони виготовляються за малоспоживаючою КМОН – технологією, яка в поєднанні з удосконаленою RISC-архітектурою дозволяє досягти найкращого співвідношення швидкодії/енергоспоживання. Мікроконтролери сімейства Mega є найбільш розвиненими представниками мікроконтролерів AVR.

Відмінні риси ATmega128:

- високопродуктивний, малоенергоспоживаючий 8-розрядний AVR-мікроконтролер;
- розвинена RISC-архітектура:
- 133 потужних інструкцій, більшість з яких виконуються за один машинний цикл;
- 32 8-разр. регістрів загального призначення + регістри керування вбудованою периферією;
- повністю статична робота;
- продуктивність до 16 млн. операцій в секунду при тактовій частоті 16 МГц;

- вбудований помножуючий пристрій виконує множення за 2 машинних цикли;
- незалежна пам'ять програм і даних:
- 128–Кбайт Флеш–пам'яті: 1000 циклів запис / стирання;
- 4 кбайт ЕСППЗП: 100000 циклів запис / стирання;
- вбудований статичний ОЗП ємністю 4 кбайт;
- можливість адресації зовнішньої пам'яті розміром до 64 кбайт;
- програмований захист коду програми, і т. ін.;
- відмінні риси периферійних пристроїв:
 - два 8–разр. таймери–лічильники;
 - два розширених 16–разр. таймери–лічильники;
 - лічильник реального часу з окремим генератором;
 - два 8–разр. канали ШІМ;
 - 6 каналів ШІМ з програмованим дозволом від 2 до 16 розрядів;
 - модулятор виходів порівняння;
- 8 мультиплексованих каналів 10–розрядного аналого–цифрового перетворення;
- двухпровідний послідовний інтерфейс I2C;
- два канали програмованих послідовних УСАПП;
- послідовний інтерфейс SPI з підтримкою режимів ведучий / підлеглий;
- програмований вартовий таймер з вбудованим генератором;
- вбудований аналоговий компаратор.

Спеціальні можливості мікроконтролера:

- скидання при подачі живлення і програмована схема скидання при зниженні напруги живлення;
- вбудований калібрований RC–генератор;
- зовнішні і внутрішні джерела переривань;
- шість режимів зниження енергоспоживання;
- програмований вибір тактової частоти;
- 53 –програмовані лінії введення–виведення;

- робочі напруги: 4,5...5,5В;
- тактова частота: 0 – 16 МГц.

ATmega128 – потужний 8-разр. КМОН-мікроконтролер, заснований на розширеній AVR RISC-архітектурі. За рахунок виконання більшості інструкцій за один машинний цикл ATmega128 досягає продуктивності 1 млн. операцій в секунду, що дозволяє проектувальникам систем оптимізувати співвідношення енергоспоживання і швидкодії.

Ядро AVR поєднує багатий набір інструкцій з 32 універсальними робочими регістрами. Всі 32 регістри безпосередньо підключені до арифметико-логічного пристрою (АЛП), який дозволяє вказати два різних регістри в одній інструкції і виконати її за один цикл. Дана архітектура має високу ефективність коду за рахунок досягнення продуктивності в 10 разів вище в порівнянні зі звичайними CISC-мікроконтролерами.

4.4 Модуль УАПП у складі мікроконтролера AVR

Всі модулі приймачів-передавачів забезпечують дуплексний обмін по послідовному каналу, при цьому швидкість передачі даних може змінюватись у доволі широких межах. У модулях UART пакет може бути 8-ми чи 9-ти розрядним, а в модулях USART його довжина може складати від 5-ти до 9-ти розрядів [1, 2]. Ще однією особливістю модулів USART є значна частина мікроконтролерів сімейства AVR мають у своєму складі модулі або універсального асинхронного (UART), або універсального синхронно/асинхронного (USART) приймача-передавача (УСАПП). У деяких моделях міститься по декілька таких модулів [1, 4].

Відзначимо, що модулі USART, які мають всі мікроконтролери сімейства Mega, при роботі в асинхронному режимі сумісні з модулями UART як за розміщенням розрядів керуючих регістрів, так і за функціонуванням. Невеликі відмінності є тільки в роботі схеми буферизації блоку приймача у назві (але не в призначенні) деяких розрядів керуючих регістрів. В деяких нових моделях модулі USART можуть використовуватись в якості ведучого шини SPI [1, 2].

Модулі USART/UART, що реалізовані у мікроконтролерах сімейства, можуть виявляти наступні нетипові ситуації [2]:

- а) переповнення;
- б) помилку кадрів;
- в) некоректний старт-біт.

Для зменшення ймовірності збоїв у модулях також реалізована така корисна функція, як фільтрація завад.

Для взаємодії з програмою у модулях передбачені 3 переривання, запит на генерацію яких формується при виникненні наступних подій: «передачу завершено», «регістр даних передавача пустий» та «прийом завершено».

Зазвичай, виводи мікроконтролера, що використовуються модулями USART/UART, є лініями портів введення/виведення загального призначення.

Спрощена структурна схема одного модуля USART/UART наведена на рисунку 4.22. Елементи схеми, виділені на рисунку сірим кольором, є тільки у складі модулів USART [2].

Як показано на рисунку, модуль складається з трьох частин: блоку тактування, блоку передавача та блоку приймача. Блок тактування модулів USART включає схему синхронізації, яка використовується при роботі у синхронному режимі і контролер швидкості передачі. У модулях UART блок тактування складається тільки з контролера швидкості передачі.

Блок передавача містить однорівневий буфер UDR, регістр зсуву, схему формування біта парності (тільки USART) і схему керування. Блок приймача, у свою чергу, включає схеми відновлення тактового сигналу і даних, схему контролю парності (тільки USART), дворівневий (USART) чи однорівневий (UART) буфер UDR, регістр зсуву, а також схему керування.

Буферні регістри приймача і передавача розміщуються за однією адресою простору регістрів введення/виведення і позначаються як регістр даних UDR (Universal Data Register) (UDRn, де $n = 0/1$). У цьому регістрі зберігаються молодші 8 розрядів даних, які приймаються чи передаються. Під час читання виконується

звернення до буферного регістра UDR приймача, а у разі запису – до буферного регістра UDR передавача.

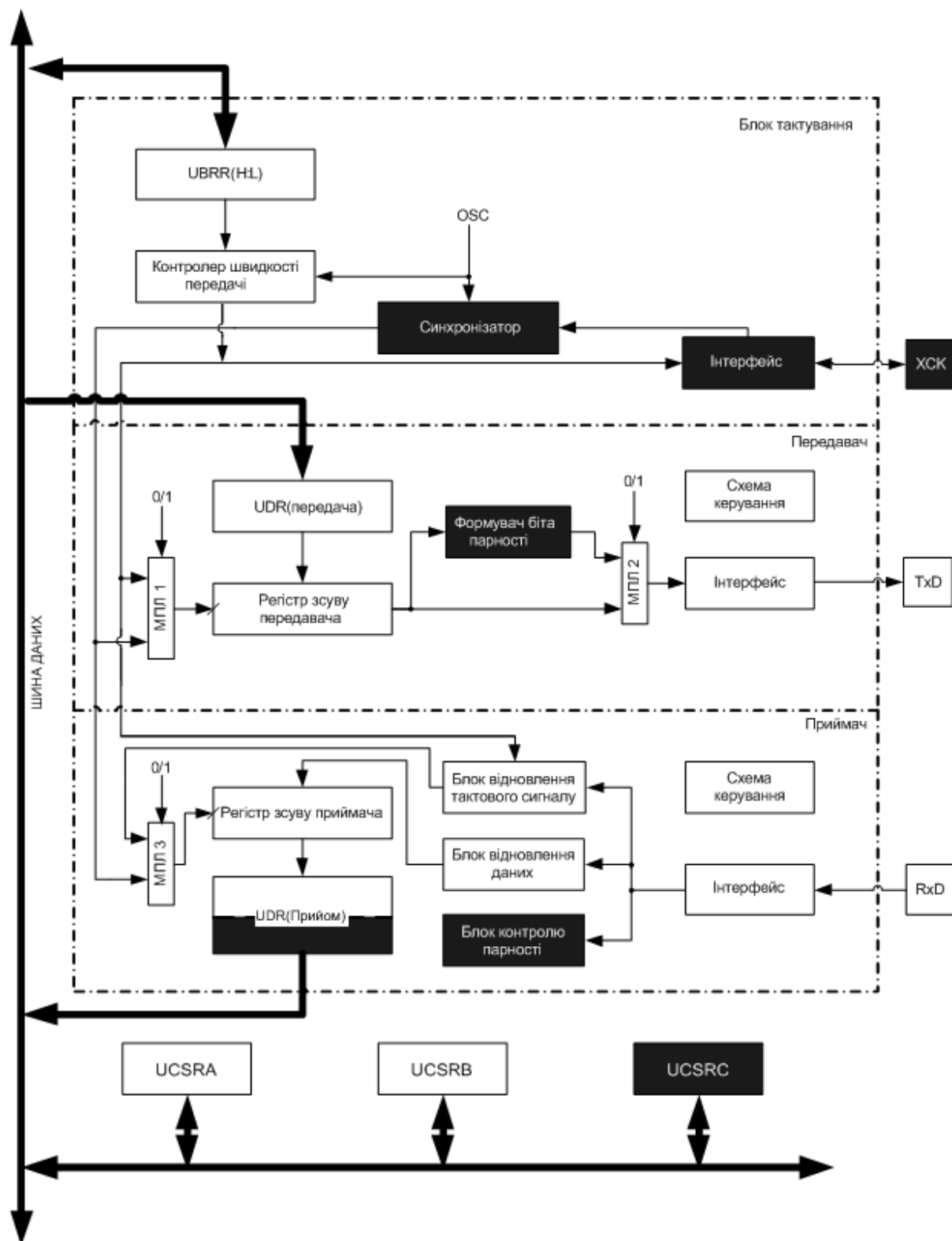


Рисунок 4.22 – Модуль USART/UART схема структурна спрощена

У модулях USART буфер приймача є дворівневим (FIFO–буфер), зміна стану якого відбувається при будь–якому зверненні до регістра UDR. У зв’язку з цим, не варто використовувати регістр UDR в якості операндів команд типу «читання/модифікація/запис» (SBI та CBI).

Окрім того, треба бути дуже обережними при використанні команд перевірки SBIC та SBIS, оскільки вони також змінюють стан буфера приймача.

Для керування модулями USART використовуються три регістри: UCSRA (UCSRnA), UCSRB (UCSRnB) та UCSRC (UCSRnC), де $n = 0, 1, 2$ або 3 . Адреси цих регістрів та їх формат мікроконтролерів сімейства AVR вказані у [5].

В асинхронному режимі, а також у синхронному режимі при роботі у якості ведучого, швидкість прийому та передачі даних задається контролером швидкості передачі, що функціонує як дільник системного тактового сигналу з програмованим коефіцієнтом ділення. Коефіцієнт визначається вмістом регістра контролера UBRR (UBRRn). У блок приймача сформований сигнал надходить одразу, а у блок передавача – через додатковий дільник, коефіцієнт ділення якого (2, 8 чи 16) залежить від режиму роботи модуля USART/UART.

На рисунку 4.23 у якості прикладу наведено структурну схему блока синхронізації модуля УСАПП для мікроконтролера Mega 128 [2, 5].

Опис сигналів:

- а) txclk – синхронізація передавача (внутрішній сигнал);
- б) rxclk – синхронізація приймача (внутрішній сигнал);
- в) xski – вхідний сигнал від виводу ХСК (внутрішній сигнал), який використовується для синхронної підлеглої (веденої) роботи;
- г) xsko – вихідний сигнал синхронізації до виводу ХСК (внутрішній сигнал).

Використовується у ведучому синхронному режимі;

- д) f_{CLK} – частота системного тактового генератора.

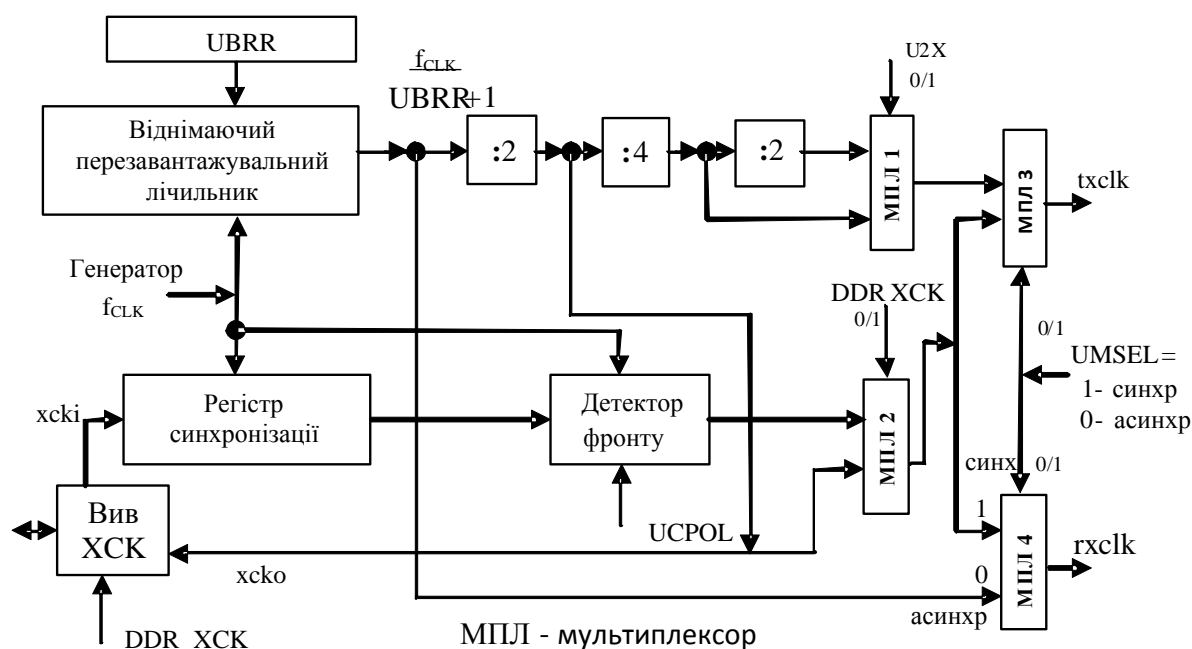


Рисунок 4.23 – Блок синхронізації УСАППі схема структурна

УСАППі підтримує чотири режими роботи синхронізації: нормальна асинхронна, асинхронна з подвоєнням швидкості, ведуча синхронна та підлегла (ведена) синхронна. Біт UMSEL у регістрі керування та статусу (UCSRC) дозволяє обрати асинхронну (0) чи синхронну (1) роботу. Подвоєння швидкості (тільки у асинхронному режимі) керується бітом U2X у регістрі UCSRA. При використанні синхронного режиму (UMSEL = 1) відповідний біт у регістрі напряму даних для виводу XCK (DDR_XCK) задає, чи буде синхронізація внутрішньою: DDR_XCK = 1 (ведучий режим) чи зовнішньою: DDR_XCK = 0 (ведений режим). Вивід XCK активний тільки при використанні синхронного режиму.

Внутрішня синхронізація використовується для асинхронного та ведучого синхронного режимів роботи. Зовнішня синхронізація використовується у синхронному підлеглому (веденому) режимі роботи.

Регістр UBRR є 12-розрядним та фізично розміщений у двох регістрах введення/виведення. Адреси і назви цих регістрів для деяких моделей мікроконтролерів наведено у таблиці 4.6.

При роботі в асинхронному режимі швидкість обміну визначається не тільки вмістом регістра UBRR, але й станом розряду U2X (U2Xn) регістра UCSRA

(UCSRnA). Якщо цей розряд встановлено в «1», коефіцієнт ділення попереднього дільника зменшується у два рази, а швидкість обміну відповідно подвоюється. При роботі у синхронному режимі цей розряд має бути скинуто.

Отже, швидкість обміну визначається наступними формулами [1, 5]:

а) асинхронний режим (звичайний, U2Xn = «0»)

$$\text{BAUD} = f_{\text{clk}} / (16(\text{UBRR}+1));$$

б) асинхронний режим (пришвидшений, U2Xn = «1»)

$$\text{BAUD} = f_{\text{clk}} / (8(\text{UBRR}+1));$$

в) синхронний режим (ведучий)

$$\text{BAUD} = f_{\text{clk}} / (2(\text{UBRR}+1)),$$

де BAUD – швидкість передачі у бодах,

г) f_{clk} – тактова частота мікроконтролера,

д) UBRR – вміст регістра контролера швидкості передачі (0...4095).

В якості прикладу в таблиці 4.4 наведено значення регістра UBRR, що дозволяють отримати стандартні для асинхронного режиму швидкості передачі при використанні різних резонаторів, а також величини похибок значень, що отримуються, відносно стандартних швидкостей.

При максимальному значенні швидкості UBRR = 0, похибка = 0.0%. Рекомендується використовувати значення регістра UBRR, при яких отримувана швидкість передачі відрізняється від необхідного значення менше ніж на 0.5%. Значення, що дають більше відхилення, також можна використовувати, проте слід мати на увазі, що при цьому знижується завадозахищеність лінії передачі.

4.4.1 Формат кадру

В синхронному режимі при роботі в якості веденого швидкість прийому та передачі визначається частотою сигналу, що поступає на вивід ХСК (ХСКn). Частота цього сигналу має задовольняти виразу $f_{\text{ХСК}} < f_{\text{CLK}}/4$. Це обмеження пов'язано з тим, що сигнал з виводу ХСК (ХСКn) спочатку синхронізується з тактовою частотою мікроконтролера, а потім проходить через детектор фронтів. Затримка сигналу при проходженні цих вузлів дорівнює двом тактам.

У даному випадку під кадром розуміється сукупність одного слова (байта) даних і додаткової інформації (рисунок 4.24). Кадр починається із старт-біта, за яким слідує молодший розряд слова даних. Після старшого розряду слова даних слідує один або два стоп-біта. Якщо включена схема формування біта парності, то він розміщується між старшим розрядом слова даних і першим стоп-бітом.

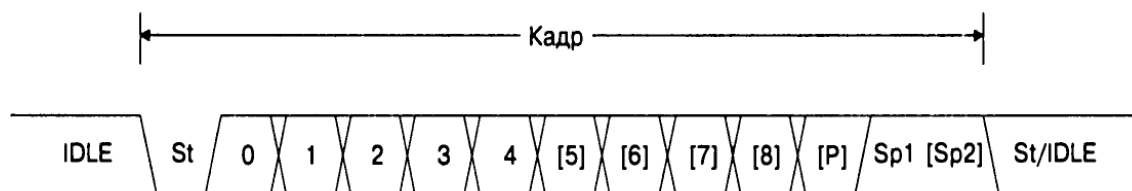


Рисунок 4.24 – Формат кадру

На рисунку 4.24 використані наступні скорочення:

- а) St – старт-біт, завжди має низький рівень;
- б) 0...8 – номер біта даних;
- в) P – біт паритету: парність або непарність;
- г) Sp1, Sp2 – стоп-біт, завжди має високий рівень;
- д) IDLE – стан очікування, в якому призупинена передача лінією RxD чи TxD. У стані очікування на лінії має бути високий рівень.

Формат кадру визначається кількома розрядами регістрів UCSRB (UCSRnB) та UCSRC (UCSRnC). Розмір слова даних в USART визначається розрядами UCSZ2...UCSZ0 (UCSZn2...UCSZn0) відповідно до таблиці 4.12.

У модулях UART слово даних може бути тільки 8- або 9-розрядним, що визначається станом прапорця CHR9 (CHR9n) регістра UCSRB (UCSRnB). Якщо цей прапорець скинутий в «0», розмір слова дорівнює 8 розрядам, якщо встановлений в «1» — 9 розрядам.

Вибір кількості стоп-бітів в модулях USART здійснюється за допомогою розряду USBS (USBSn) регістра UCSRC (UCSRnC). Якщо цей розряд скинутий в «0», блок передавача формує 1 стоп-біт у кінці посилки. Якщо розряд встановлений в «1», блок передавача формує 2 стоп-біти. Слід зазначити, що приймачем другий стоп-біт ігнорується, і, відповідно, помилки кадрів виявляються тільки для першого стоп-біта.

Розряди UPM1:UPM0 (UPMn1:UPMn0) регістра UCSRC (UCSRnC) визначають функціонування схеми контролю парності модулів USART відповідно до таблиці 4.9.

Значення біта парності отримується шляхом виконання операції «виключаючого АБО» над усіма розрядами слова даних, яке передається. Якщо використовується перевірка на непарність (odd parity), отриманий результат інвертується:

$$P_{EVEN} = d_{n-1} \oplus \dots \oplus d_3 \oplus d_2 \oplus d_1 \oplus d_0 \oplus 0,$$

$$P_{ODD} = d_{n-1} \oplus \dots \oplus d_3 \oplus d_2 \oplus d_1 \oplus d_0 \oplus 1.$$

Якщо контроль парності включений, біт парності, як вже було сказано, вставляється передавачем між старшим розрядом даних, які передаються, і першим стоп-бітом.

4.4.2 Передача даних

Робота передавача дозволяється встановленням в «1» розряду TXEN (TXENn) регістра UCSRB (UCSRnB) [5]. При встановленні цього розряду вивід TXD (TXDn) підключається до передавача USART/UART і починає функціонувати, як вихід, незалежно від значень у регістрах керування портом. Якщо використовується синхронний режим роботи, треба програмно перевизначити функціонування виводу ХСК (ХСКn) (введення або виведення).

Передача ініціюється записом даних, які передаються, у буферний регістр передавача – регістр даних UDRn. Після цього дані пересилаються з регістра UDRn у регістр зсуву передавача. Одночасно, якщо використовуються 9-розрядні дані, значення розряду TXB8 (TXB8n) регістра UCSRB (UCSRnB) копіюється у 9-й розряд регістра зсуву. При цьому можливі два варіанти:

- а) запис у регістр UDR здійснюється в той момент, коли передавач знаходиться у стані очікування (попередні дані вже передані). У цьому випадку дані пересилаються у регістр зсуву одразу ж після запису в регістр UDR;
- б) запис у регістр UDR здійснюється під час передачі. В цьому випадку дані пересилаються у регістр зсуву після передачі останнього стоп-біта поточного кадру.

Очевидно, що 9-й розряд даних повинен бути завантажений в розряд TXB8 (TXB8n) до запису байта даних в регістр даних.

Після пересилання слова даних в регістр зсуву, прапорець UDRE (UDREn) регістра UCSRA (UCSRnA) встановлюється в «1», що означає готовність передавача до отримання нового байта даних. У цьому стані прапорець залишається до наступного запису в буфер. Одночасно з пересиланням у регістрі формується службова інформація – старт-біт, можливий біт парності (тільки в USART), а також один або два стоп-біти.

Після завантаження регістра зсуву його вміст починає зсуватися вправо і поступати на вивід TXD (TXDn) у порядку, розглянутому в підрозділі 4.4.1. Швидкість зсуву визначається налаштуванням контролера тактових сигналів.

Якщо під час передачі у регістр UDR було записано нове слово даних, то після передачі останнього стоп-біта попереднього слова нове слово пересилається в регістр зсуву. Якщо ж до моменту закінчення передачі кадру такого запису виконано не було, то встановлюється прапорець переривання «Передача завершена» TXC (TXCn) регістра UCSRA (UCSRnA). Скидання прапорця здійснюється апаратно при вході у підпрограму обробки відповідного переривання або програмно, записом в цей розряд лог. 1.

Відключення передавача здійснюється скиданням розряду TXEN (TXENn) регістра UCSRB (UCSRnB). Якщо у момент виконання цієї команди здійснювалася передача, скидання розряду відбудеться тільки після завершення поточної та відкладеної передач, тобто після очищення буферного регістра та регістра зсуву передавача. При вимкненому передавачеві вивід TXD (TXDn) може використовуватися, як лінія введення/виведення загального призначення.

4.4.3 Прийом даних

Робота приймача дозволяється встановленням розряду RXEN (RXENn) регістра UCSRB (UCSRnB) [5]. При встановленні цього розряду вивід RXD (RXDn) підключається до приймача USART/UART і починає функціонувати як вхід, незалежно від значень регістрів керування портом. Якщо використовується

синхронний режим роботи, треба програмно перевизначити функціонування виводу ХСК (ХСК_n).

Прийом даних починається відразу ж після виявлення приймачем коректного старт-біта. Кожен розряд вмісту кадру потім зчитується з частотою, яка визначається контролером швидкості передачі або тактовим сигналом ХСК (ХСК_n). Зчитані розряди даних послідовно розміщуються у регістр зсуву приймача до виявлення першого стоп-біта кадру. Після цього вміст регістра зсуву пересилається у буфер приймача, з якого прийняте значення може бути отримане шляхом читання регістра даних модуля. При використанні 9-розрядних слів даних значення старшого розряду може бути визначене за станом прапорця RX8 (RX8_n) регістра UCSRB (UCSRnB). Причому у модулях USART вміст старшого розряду даних (регістр UCSRB/UCSRnB) має бути зчитаний до звернення до регістра даних. Це пов'язано з тим, що прапорець RX8 (RX8_n) відображає значення старшого розряду слова даних кадру, який знаходиться на верхньому рівні буфера приймача, стан якого при читанні регістра даних зміниться.

Якщо була включена схема контролю парності (тільки USART), вона обчислює біт парності для всіх розрядів прийнятого слова даних і порівнює його з прийнятим бітом парності. Результат перевірки запам'ятовується у буфері приймача разом з прийнятим словом даних і стоп-бітами. Наявність або відсутність помилки контролю парності може бути потім визначена за станом прапорця UPE (UPE_n) регістра UCSRA (UCSRnA). Цей прапорець встановлюється в «1», якщо наступне слово, яке може бути прочитане з буфера, має помилку контролю парності. При вимкненому контролі парності прапорець UPE (UPE_n) завжди читається як «0».

Блок приймача модулів USART/UART в регістрі UCSRA(UCSRnA) має ще два прапорці, які показують стан обміну: прапорець помилки кадрування FE (FE_n) і прапорець переповнення DOR (DOR_n) / OR (OR_n). Прапорець FE (FE_n) встановлюється в «1», якщо значення першого стоп-біта прийнятого кадру не відповідає потрібному, тобто дорівнює «0».

Прапорці DOR (DORn) в USART та OR (ORn) в UART відображають втрату даних через переповнення буфера приймача. В UART прапорець встановлюється в «1», якщо до моменту закінчення прийому кадру (заповнення регістра зсуву приймача) дані попереднього кадру не були зчитані з регістра даних. В USART прапорець встановлюється в «1» у разі прийому старт-біта нового кадру при заповнених буфері та регістрі зсуву приймача. Встановлений прапорець DOR (DORn) / OR (ORn) означає, що між минулим байтом, зчитаним з регістра UDR, та байтом, зчитаним у даний момент, відбулася втрата одного або декількох кадрів.

Слід мати на увазі, що обробка описаних прапорців в модулях UART і USART дещо відрізняється. У модулях UART прапорець помилки кадрів FE (FEn) має бути прочитаний перед зверненням до регістра даних, а прапорець переповнення OR (ORn) — після звернення до цього регістра.

У модулях USART всі прапорці помилок буферизуються разом із словом даних, тобто відповідні розряди регістра UCSRA (UCSRnA) відносяться до кадру, слово даних якого буде прочитано при наступному зверненні до регістра даних UDR (UDRn). Тому стан цих прапорців має бути зчитаний перед зверненням до регістра даних. Крім того, для сумісності з майбутніми пристроями рекомендується при записі в регістр UCSRA (UCSRnA) скидати відповідні цим прапорцям розряди в «0». Для індикації стану приймача в модулях USART/UART використовується прапорець переривання «Прийом завершений» RXC (RXCn) регістра UCSRA (UCSRnA). Цей прапорець встановлюється в «1» за наявності в буфері приймача непрочитаних даних. У модулях UART цей прапорець скидається після читання регістра даних, а у модулях USART — при звільненні буфера (після зчитування всіх даних, які знаходяться у ньому).

Вимкнення приймача здійснюється скиданням розряду RXEN (RXENn) регістра UCSRB (UCSRnB). На відміну від передавача, приймач вимикається відразу ж після скидання розряду, тобто кадр, який приймається у цей момент, втрачається. У модулях USART, окрім того, при вимкненні приймача очищується його буфер, тобто втрачаються також всі непрочитані дані. При вимкненому приймачі вивід

RXD (RXDn) може використовуватися як лінія введення/виведення загального призначення.

Залежно від режиму роботи модуля прийом всіх розрядів кадру здійснюється по-різному. Щоби забезпечити прийом в асинхронному режимі роботи використовуються схеми відновлення тактового сигналу і даних. Схема відновлення тактового сигналу призначена для синхронізації внутрішнього тактового сигналу, який формується контролером швидкості передачі, і кадрів, які поступають на вивід RXD (RXDn) мікроконтролера. Схема відновлення даних здійснює читання та фільтрацію кожного розряду кадру, що приймається.

З метою визначення старт-біта кадру схема відновлення тактового сигналу здійснює опитування входу приймача (вибірку) (рисунк 4.25) [5].

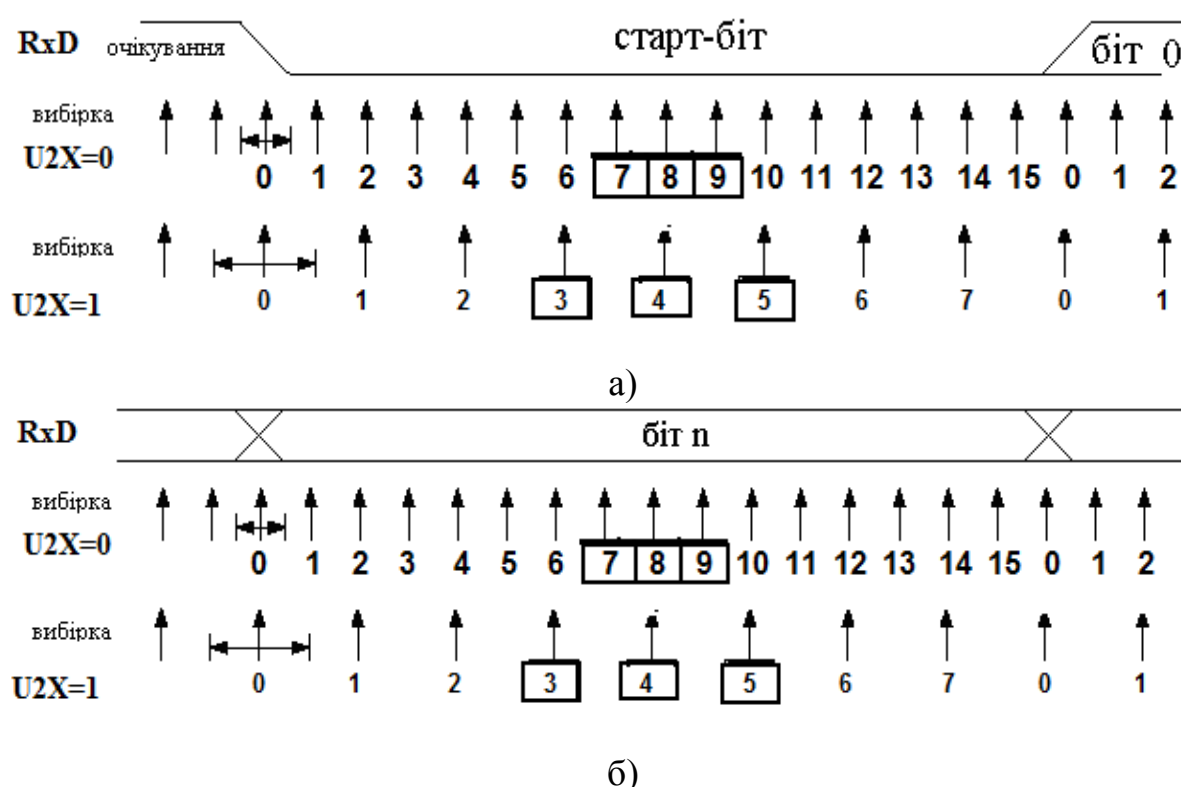


Рисунок 4.25 – Розпізнавання розрядів кадру:

а) – старт-біт; б) – інші розряди

Частота опитування залежить від стану розряду U2X ($U2X_n$) регістра UCSRA ($UCSRnA$). Частота опитування у звичайному режимі (при $U2X_n = \langle 0 \rangle$) в 16 разів перевищує швидкість передачі даних, а у прискореному режимі (при $U2X = \langle 1 \rangle$) – у 8 разів. Горизонтальні стрілки на рисунку 4.25 ілюструють можливий відхід

синхронізації у процесі вибірки (опитування). Як видно з рисунка 4.25, більш високу розсинхронізацію у часі має прискорений обмін (біт $U2X=1$).

Зміни сигналу виявляються на виводі RXD (RXDn) з лог. 1 (режим очікування) на лог. 0 інтерпретується як можлива поява переднього фронту старт-біта. Коли перехід сигналу на вході RXD з «1» в «0» виявлений, негайно скидається лічильник-дільник на 16 у ланцюзі формування сигналу «Синхр. RXD». Відбувається суміщення моментів переповнення цього лічильника-дільника з межами зміни бітів кадру, що приймається, на вході RXD. Шістнадцять станів лічильника-дільника ділять час, протягом якого кожен біт послідовності, що приймається, присутній на вході RXD, на 16 фаз (вибірок), з 0-ї по 15-у для кожного біта. Після цього у нормальному режимі перевіряється значення 7-ої, 8-ої і 9-ої вибірок вхідного сигналу, а в прискореному режимі – 3-ої, 4-ої і 5-ої вибірок (рисунок 4.25, а). Якщо значення хоча б двох вибірок із вказаних дорівнює лог. 1, старт-біт вважається помилковим (завада), а приймач переходить до очікування наступної зміни вхідного сигналу з лог. 1 на лог. 0. Інакше вважається, що виявлено старт-біт нової послідовності, з яким синхронізується внутрішній тактовий сигнал приймача. Після цього починає працювати схема відновлення даних.

Ухвалюється рішення про значення прийнятого розряду за результатами 7-ої, 8-ої і 9-ої (3-й, 4-й і 5-й) вибірок вхідного сигналу (рисунок 4.25, б). Станом розряду вважається логічне значення, яке було отримане щонайменше у двох з трьох вибірок. Процес розпізнавання повторюється для всіх розрядів кадру, що приймається, включаючи перший стоп-біт.

Отже, старт-біт нового кадру може передаватись відразу ж після останньої вибірки, яка використовується для визначення значення першого стоп-біта. У звичайному режимі роботи формування старт-біта може початися в момент А, а в прискореному режимі – в момент В (рисунок 4.26) [5]. Момент С, позначений на рисунку, визначає максимальну тривалість стоп-біта. Використання більш раннього виявлення старт-біта впливає на робочій діапазон синхрочастот приймача

(допустиме розходження синхрочастоти передавача та приймача при фіксованій довжині посилки) [1, 4].

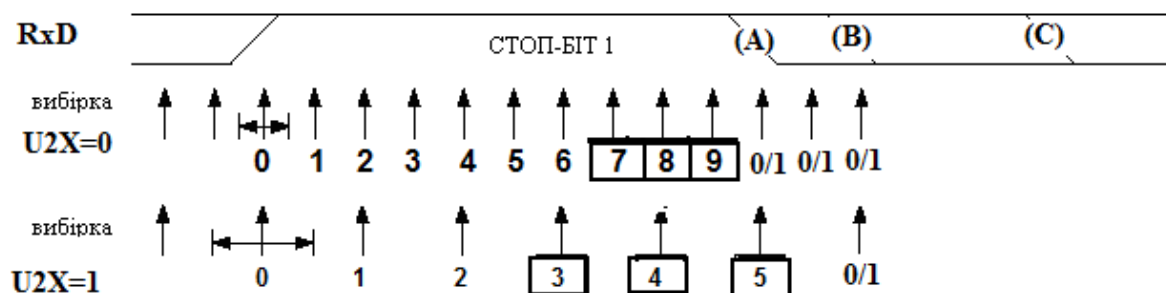


Рисунок 4.26 – Розпізнавання стоп-біта та наступного старт-біта

4.4.4 Мультипроцесорний режим роботи

Зв'язок між декількома веденими мікроконтролерами і одним ведучим здійснюється у режимі мультипроцесорного обміну [5]. У цьому режимі кожен ведений мікроконтролер має свою унікальну адресу. Якщо ведучий мікроконтролер хоче що-небудь передати, то він посилає адресний байт, який визначає, до якого з мікроконтролерів він збирається звернутися. Якщо який-небудь з ведених мікроконтролерів розпізнав свою адресу, він переходить у режим прийому даних і відповідно приймає подальші байти як дані. Решта ведених мікроконтролерів ігнорують байти, що приймаються, до посилки ведучим нового адресного байта. Увімкнення режиму фільтрації кадрів, що приймаються і не містять адреси, здійснюється встановленням в «1» розряду MPCM (MPCMn) регістра UCSRA (UCSRnA, таблиця 4.5).

Ведучий мікроконтролер повинен мати режим передачі 9-розрядних даних. При передачі адресного байта старший (8-й) розряд встановлюється в «1», а при передачі байтів даних він скидається в «0».

Механізм прийому у ведених мікроконтролерах залежить від режиму роботи приймача. Якщо приймач налаштований на прийом 5...8-розрядних даних, то ідентифікація вмісту кадру (адрес/дані) здійснюється за 1-м стоп-бітом. При прийомі 9-розрядних даних ідентифікація вмісту кадру здійснюється за старшим (8-м) розрядом слова даних. Якщо вказані розряди встановлені в «1», то кадр містить адресу, якщо в «0» – кадр містить дані.

Обмін даними здійснюється в багатопроцесорному режимі і виконуються наступні дії.

Всі ведені мікроконтролери перемикаються в режим мультипроцесорного обміну встановленням в «1» розряду MPCM (MPCMn) регістра UCSRA (UCSRnA).

Ведучий мікроконтролер посилає адресний кадр, а всі ведені мікроконтролери його приймають. Відповідно, у кожному з ведених мікроконтролерів встановлюється прапорець RXC (RXCn) регістра UCSRA (UCSRnA).

Кожен з ведених мікроконтролерів читає вміст регістра даних. Мікроконтролер, адреса якого співпала з адресою, посланою ведучим, скидає в «0» розряд MPCM (MPCMn).

Адресований мікроконтролер починає приймати кадри, що містять дані. Якщо приймач веденого мікроконтролера налаштований на прийом 5...8-розрядних даних, то буде генеруватися помилка кадрів, оскільки перший стоп-біт буде рівний «0» (в USART цього можна уникнути, використовуючи два стоп-біти). У решті ведених мікроконтролерів розряд MPCM (MPCMn) встановлений в «1», через це кадри даних будуть ігноруватися.

Після прийому останнього байта даних адресований мікроконтролер встановлює в «1» розряд MPCM (MPCMn) і знову чекає прихід кадру з адресою. Процес повторюється з пункту 2.

4.4.5 Розрахунок швидкості передачі інформації та тривалості одного біта для модуля USART AVR-мікроконтролерів

В роботі зв'язок МК-ра з міжконтролерною мережею здійснюється за допомогою послідовного інтерфейсу УСАПП (USART), який програмується в асинхронний звичайний режим (біт U2Xn = 0) [1, 5].

При цьому швидкість передачі даних (обміну) для асинхронного звичайного режиму:

$$f_{\text{пд}} = \frac{f_{\text{CLK}}}{16 \cdot (UBRR + 1)},$$

де f_{CLK} – частота системного тактового генератора (при підключенні зовнішнього кварцу визначається частотою, на яку виготовляється кварц);

UBRR – вміст регістра контролера швидкості передачі, що змінюється програмно (UBRR = 0...4095).

Прийmemo $f_{CLK} = 16$ МГц, UBRR = 24, тоді:

$$V_{\text{пд}} = \frac{16000000}{16 \cdot 25} = 40000 \text{ послідовностей / секунду} = 40000 \text{ біт / секунду} = 40 \text{ Кбіт / с.}$$

Тоді тривалість однієї послідовності:

$$t_{\text{пос}} = \frac{1}{V_{\text{пд}}} = \frac{1000000}{40000} = 25 \text{ мксек.}$$

Часові діаграми роботи інтерфейсу в цьому випадку наведені на рисунку 4.27.

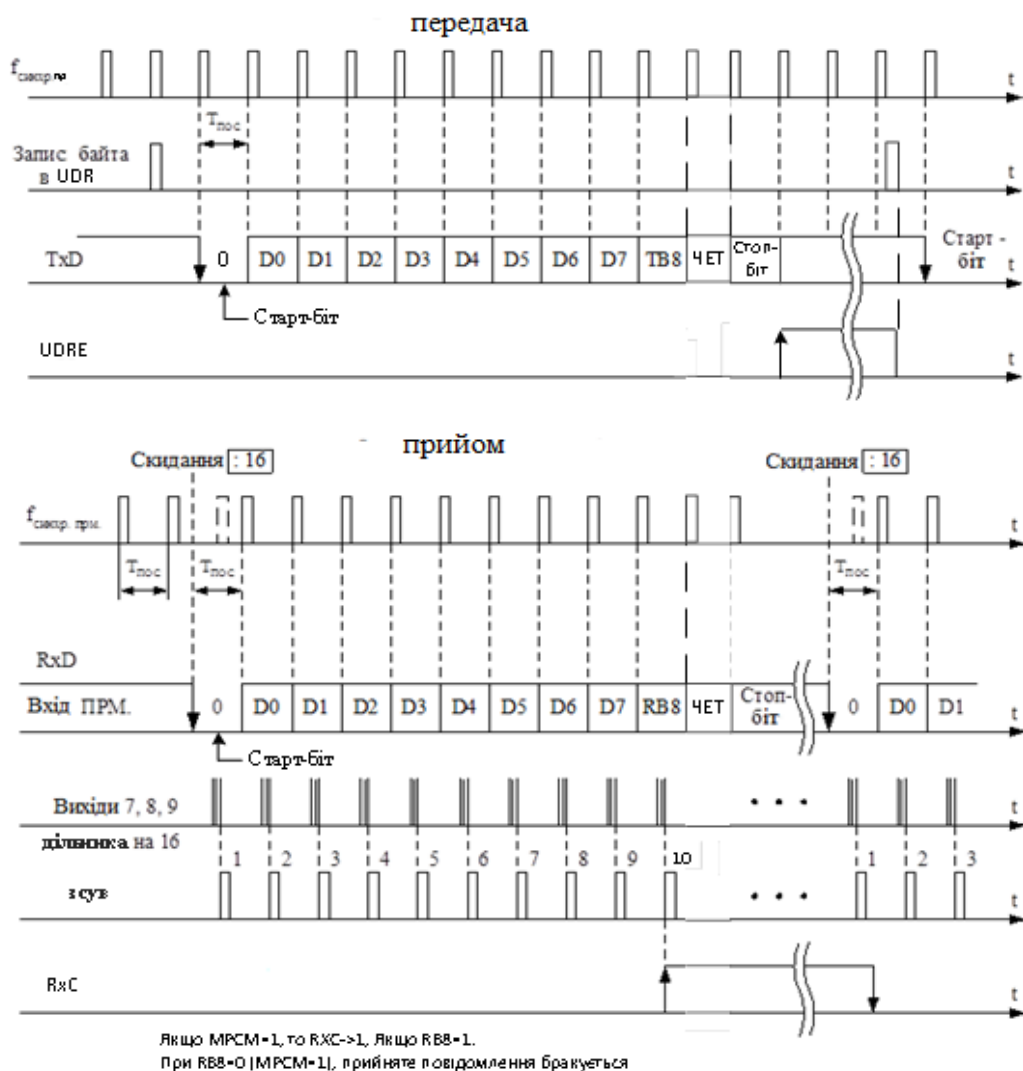


Рисунок 4.27 – Часові діаграми роботи інтерфейсу

У лінію зв'язку передаються наступні біти: старт-біт, 8 інформаційних біт, 9-й службовий біт TB8, додатковий перевірючий біт на парність і один стоп-біт.

Тривалість цих 12 посилок однакова і дорівнює $t_{\text{пос}} = 25$ мксек, при $V_{\text{пд}} = 40$ Кбіт/с.

Оскільки передавач містить буферний регістр даних UDR, в який програмно завантажується черговий байт для передачі, поки з регістра зсуву видаються посилки попереднього байта, то після передачі стоп-біта новий байт з регістра UDR пересилається в регістр зсуву та ініціюється новий цикл передачі.

4.4.6 Програмування модуля УАПП

У цьому підрозділі розроблено мовою Асемблер фрагмент програми, який забезпечує передачу інформації між МК-м AT mega 128 та зовнішнім пристроєм [4,5,10]. Вихідні дані: швидкість обміну $V_{\text{пд}} = 9600$ бод; тактова частота кварцового резонатора: $f_{\text{CLK}} = 1,8432$ МГц; для обміну використовувати модуль USART0; режим передачі – асинхронний; розмір слова даних – 8 розрядів; використовувати перевірку на парність; кількість стоп-бітів – 1; байт для передачі знаходиться у регістрі R22.

Розрахунок значення регістра UBRR [12,17]

При роботі в асинхронному режимі швидкість обміну визначається не тільки вмістом регістра UBRR, але й станом розряду U2X (U2Xn) регістра UCSRA (UCSRnA). Якщо цей розряд встановлено в «1», коефіцієнт ділення попереднього дільника зменшується у два рази, а швидкість обміну відповідно подвоюється. Отже, швидкість обміну визначається наступними формулами [5]:

- асинхронний режим (звичайний, U2Xn= «0»):

$$\text{BAUD} = f_{\text{CLK}} / (16(\text{UBRR} + 1));$$
- асинхронний режим (пришвидшений, U2Xn= «1»):

$$\text{BAUD} = f_{\text{CLK}} / (8(\text{UBRR} + 1)),$$

де BAUD – швидкість передачі у бодах, f_{CLK} – тактова частота мікроконтролера, UBRR – вміст регістра контролера швидкості передачі (0...4095).

В таблиці 1 наведено значення регістра UBRR, що дозволить отримати стандартні для асинхронного режиму швидкості передачі при використанні різних резонаторів, а також величини похибок значень, що отримують, відносно стандартних швидкостей.

Згідно з таблицею 4.4 умовам завдання задовольняють значення UBRR=11 при U2X0=0, або UBRR=23 при U2X0=1. В обох випадках похибка дорівнює 0%. Обираємо UBRR=23=\$17 та U2X0=1.

Таблиця 4.4 - Приклад значень регістра UBRR

Швидкість [бод]	1.0000 МГц				1.8432 МГц				2.0000 МГц				3.6864 МГц				4.0000 МГц				7.3728 МГц			
	U2X=0		U2X=1		U2X=0		U2X=1		U2X=0		U2X=1		U2X=0		U2X=1		U2X=0		U2X=1		U2X=0		U2X=1	
	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]
	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]
2400	25	0.2	51	0.2	47	0.0	95	0.0	51	0.2	103	0.2	95	0.0	191	0.0	103	0.2	207	0.2	191	0.0	383	0.0
4800	12	0.2	25	0.2	23	0.0	47	0.0	25	0.2	51	0.2	47	0.0	95	0.0	51	0.2	103	0.2	95	0.0	191	0.0
9600	6	7.5	12	0.2	11	0.0	23	0.0	12	0.2	25	0.2	23	0.0	47	0.0	25	0.2	51	0.2	47	0.0	95	0.0
14400	3	7.8	8	-3.5	7	0.0	15	0.0	8	-3.5	16	2.1	15	0.0	31	0.0	16	2.1	34	-0.8	31	0.0	63	0.0
19200	2	7.8	6	-7.0	5	0.0	11	0.0	6	-7.0	12	0.2	11	0.0	23	0.0	12	2.2	25	0.2	23	0.0	47	0.0
28800	1	7.8	3	8.5	3	0.0	7	0.0	3	8.5	8	-3.5	7	0.0	15	0.0	8	-3.5	16	3.1	15	0.0	31	0.0
38400	1	22.9	2	8.5	2	0.0	5	0.0	2	8.5	6	-7.0	5	0.0	11	0.0	6	-7.0	12	0.2	11	0.0	23	0.0
57600	0	7.8	1	8.5	1	0.0	3	0.0	1	8.5	3	8.5	3	0.0	7	0.0	3	8.5	8	-3.5	7	0.0	15	0.0
76800	—	—	1	-18.6	1	-25.0	2	0.0	1	-18.6	2	8.5	2	0.0	5	0.0	2	8.5	6	-7.0	5	0.0	11	0.0
115200	—	—	0	8.5	0	0.0	1	0.0	0	8.5	1	8.5	1	0.0	3	0.0	1	8.5	3	8.5	3	0.0	7	0.0
230400	—	—	—	—	—	—	0	0.0	—	—	—	—	0	0.0	1	0.0	0	8.5	1	8.5	1	0.0	3	0.0
250000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.0	0	-7.8	1	-7.8	0	0.0	1	0.0	1	-7.8	3	-7.8
0.5M	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	-7.8	—	—	0	0.0	0	-7.8	1	-7.8
1.0M	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	-7.8
Max ¹⁾	62.5K		125K		115.2K		230.4K		125K		250K		230.4K		460.8K		250K		0.5M		460.8K		921.6K	

¹⁾ При UBRR = 0 і похибці 0.0%

Продовження таблиці 4.4

Швидкість [бод]	8.0000 МГц				11.0592 МГц				14.7456 МГц				16.0000 МГц				18.4320 МГц				20.0000 МГц			
	U2X=0		U2X=1		U2X=0		U2X=1		U2X=0		U2X=1		U2X=0		U2X=1		U2X=0		U2X=1		U2X=0		U2X=1	
	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]	UBRR	Похибка [%]
2400	207	0.2	416	-0.1	287	0.0	575	0.0	383	0.0	767	0.0	416	-0.1	832	0.0	479	0.0	959	0.0	520	0.0	1041	0.0
4800	103	0.2	207	0.2	143	0.0	287	0.0	191	0.0	383	0.0	207	0.2	416	-0.1	239	0.0	479	0.0	259	0.2	520	0.0
9600	51	0.2	103	0.2	71	0.0	143	0.0	95	0.0	191	0.0	103	0.2	207	0.2	119	0.0	239	0.0	129	0.2	259	0.2
14400	34	-0.8	68	0.6	47	0.0	95	0.0	63	0.0	127	0.0	68	0.6	138	-0.1	79	0.0	159	0.0	86	-0.2	173	-0.2
19200	25	0.2	51	0.2	35	0.0	71	0.0	47	0.0	95	0.0	51	0.2	103	0.2	59	0.0	119	0.0	64	0.2	129	0.2
28800	16	2.1	34	-0.8	23	0.0	47	0.0	31	0.0	63	0.0	34	-0.8	68	0.6	39	0.0	79	0.0	42	0.9	86	-0.2
38400	12	0.2	25	0.2	17	0.0	35	0.0	23	0.0	47	0.0	25	0.2	51	0.2	29	0.0	59	0.0	32	-1.4	64	0.2
57600	8	-3.5	16	2.1	11	0.0	23	0.0	15	0.0	31	0.0	16	2.1	34	0.8	19	0.0	39	0.0	21	-1.4	42	0.9
76800	6	-7.0	12	0.2	8	0.0	17	0.0	11	0.0	23	0.0	12	0.2	25	0.2	14	0.0	29	0.0	15	1.7	32	-1.4
115200	3	8.5	8	-3.5	5	0.0	11	0.0	7	0.0	15	0.0	8	-3.5	16	2.1	9	0.0	19	0.0	10	-1.4	21	-1.4
230400	1	8.5	3	8.5	2	0.0	5	0.0	3	0.0	7	0.0	3	8.5	8	-3.5	4	0.0	9	0.0	4	8.5	10	-1.4
250000	1	0.0	3	0.0	2	-7.8	5	-7.8	3	-7.8	6	5.3	3	0.0	7	0.0	4	-7.8	8	2.4	4	0.0	9	0.0
0.5M	0	0.0	1	0.0	—	—	2	-7.8	1	-7.8	3	-7.8	1	0.0	3	0.0	—	—	4	-7.8	—	—	4	0.0
1.0M	—	—	0	0.0	—	—	—	—	0	-7.8	1	-7.8	0	0.0	1	0.0	—	—	—	—	—	—	—	—
Max ¹⁾	0.5M		1.0M		691.2K		1.3824M		921.6K		1.8432M		1.0M		2.0M		1.152M		2.304M		1.25M		2.5M	
¹⁾ При UBRR = 0 і похибці 0.0%																								

¹⁾ При UBRR = 0 і похибці 0.0%

Програмування регістра UCSR0A [12,17]

Формат регістра UCSR0A наведено на рисунку 4.28, а опис його окремих розрядів – у таблиці 4.5.

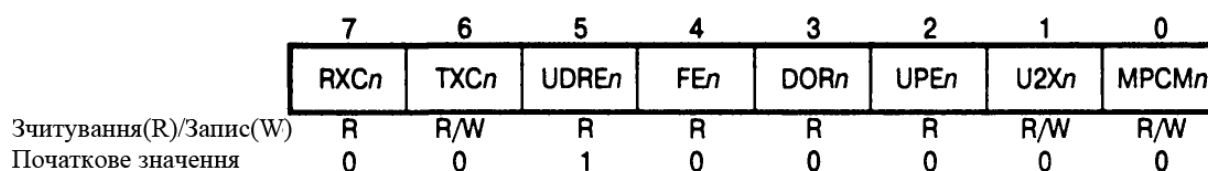


Рисунок 4.28 – Формат регістрів UCSRA (UCSRnA)

Таблиця 4.5 – Розряди регістрів UCSRA, UCSR0A та UCSR1A мікроконтролерів сімейства AVR

Розряд	Назва	Опис
7	RXC (RXCn)	<u>Прапорець завершення прийому</u> Прапорець встановлюється в «1» при пересиланні прийнятого слова з регістра зсуву приймача в регістр даних UDR і утримується в 1 при наявності непрочитаних даних у буфері приймача (регістр даних UDR). Скидається прапорець апаратно після очищення буфера (у UART - після читання регістра даних). Якщо розряд RXCIE (RXCIEн) регістра UCSRB (UCSRnB) встановлено, то при встановленні прапорця генерується запит на переривання «прийом завершено»
6	TXC (TXCn)	<u>Прапорець завершення передачі</u> Прапорець встановлюється в «1» після передачі усіх розрядів пакету із регістра зсуву передавача, за умови, що у регістр даних UDR не було завантажено нового значення. Якщо розряд TXCIE (TXCIEн) регістра UCSRB (UCSRnB) встановлено, то при встановленні прапорця генерується переривання «передачу завершено». Прапорець скидається апаратно при виконанні підпрограми обробки переривання чи програмно, записуючи у нього лог. 1
5	UDRE (UDREн)	<u>Прапорець очищення регістра даних</u> Даний прапорець встановлюється в «1» при пустому буфері передавача (після пересилання байта із регістра даних UDR у регістр зсуву передавача). Встановлений прапорець означає, що у регістр даних можна завантажити нове значення. Якщо розряд UDRIE регістра UCR (UCSRB) встановлено, генерується запит на переривання «регістр даних пустий». Прапорець скидається апаратно, при записі у регістр даних
4	FE (FEn)	<u>Прапорець помилки кадрування</u> Прапорець встановлюється в «1» при виявленні помилки кадрування, тобто якщо перший стоп-біт прийнятої посилки дорівнює «0». Прапорець скидається при прийомі стоп-біта, який дорівнює «1»
	OR (ORn)	
	DOR (DORn)	
2	UPE (UPEн)	<u>Прапорець помилки контролю біта парності</u> Прапорець встановлюється в «1», якщо в даних, що знаходяться в буфері приймача, виявлена помилка контролю парності. При вимкненому контролі парності цей розряд постійно скинутий в «0»

Продовження таблиці 4.6

UCSRC	\$20(\$40)	•	•								Регістр керування С
	\$0B(\$2B)			•		•					
	(\$C0)				•		•	•	•	•	
	\$0A(\$2A)			•		•					
	(\$C1)				•		•	•	•	•	
	\$20(\$40)					•					
	(\$95)			•							
	(\$C2)				•		•	•	•	•	
	\$02(\$22)					•					
	(\$9B)			•							
	(\$C8)						•		•	•	
	\$01(\$21)					•					
	(\$9A)			•							
	(\$C9)						•		•	•	
	\$3C(\$5C)					•					
	(\$9D)			•							
	(\$CA)						•		•	•	
UCSR2A	(\$D0)								•		Регістр А керування USART2
UCSR2B	(\$D1)								•		Регістр В керування USART2
UCSR2C	(\$D2)								•		Регістр С керування USART2
UCSR3A	(\$130)								•		Регістр А керування USART3
UCSR3B	(\$131)								•		Регістр В керування USART3
UCSR3C	(\$132)								•		Регістр С керування USART3

Програмування регістра UCSR0C

Формат регістра UCSR0C наведено на рисунку 4.29, а опис його окремих розрядів – у таблиці 4.7.

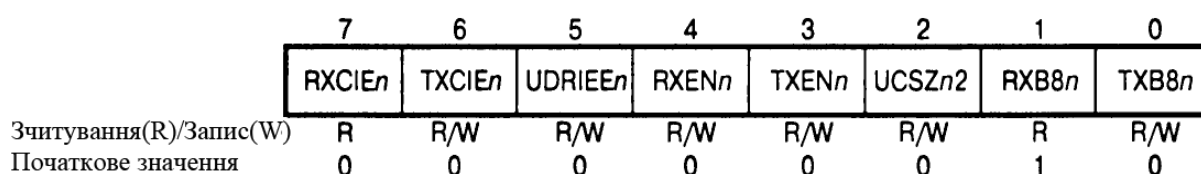


Рисунок 4.29 – Формат регістрів UCSRB (UCSRnB)

Таблиця 4.7 – Розряди регістрів UCSRC (UCSRnC)

Розряд	Назва	Опис		
	UMSELn1	Режим роботи USART (моделі 48х/88х/168х, 164х/324х/644х і 640х/1280х/1281х/2560х/2561х) Разом з розрядом UMSELn0 визначає режим роботи модуля USART		
	URSEL* (URSELn)	Вибір регістра Цей розряд визначає, у який з регістрів модуля здійснюється запис. Якщо розряд встановлено в «1», звернення здійснюється до регістра UCSRC (UCSRnC). Якщо ж розряд скинуто в «0», звернення здійснюється до регістра UBRRH (UBRRnH). Детальніше - див. наступний підрозділ		
	UMSEL (UMSELn)	Режим роботи USART Якщо розряд скинуто в «0», модуль USART працює в асинхронному режимі. Якщо розряд встановлено в «1», то модуль USART працює у синхронному режимі		
	UMSELn0	Режим роботи USART (моделі 48х/88х/168х, 164х/324х/644х і 640х/1280х/1281х/2560х/2561х) Разом з розрядом UMSELn1 визначає режим роботи модуля USART		
5	UPM1 (UPMn1)			
4	UPM0 (UPMn0)			
3	USBS (USBSn)	Кількість стоп-бітів Цей розряд визначає кількість стоп-бітів, що пересилаються передавачем. Якщо розряд скинуто в «0», передавач посилає 1 стоп-біт, якщо встановлено в «1», то 2 стоп-біти. Для приймача вміст цього розряду не має значення		
2	UCSZ1 (UCSZn1)			
1	UCSZ0 (UCSZn0)			
		Полярність тактового сигналу Значення цього розряду визначає момент видачі та зчитування даних на виводах модуля. Розряд використовується тільки при роботі у синхронному режимі. При роботі в асинхронному режимі він має бути скинутий у «0»		
		UCPOL (UCPOLn)	Видача даних на вивід TXD (TXDn)	Зчитування даних з виводу RXD (RXDn)
		0	Наростаючий фронт ХСК (ХСКn)	Спадаючий фронт ХСК (ХСКn)
		1	Спадаючий фронт ХСК (ХСКn)	Наростаючий фронт ХСК (ХСКn)

* – зарезервований у моделях ATmega 64х/128х

Примітка: n = 0, 1, 2 чи 3.

Для МК-ра AT mega 128 згідно з таблицею 4.8 розряд UMSEL01 разом з розрядом UMSRL00 програмує режим роботи модуля USART0. Оскільки у завданні задано асинхронний режим, то ці біти повинні мати нульові значення.

Біти UPM01 та UPM00 згідно з таблицею 4.9 керують контролем парності. В нашому випадку необхідно запрограмувати: UPM01=1; UPM00=0 (перевірка на парність). Біт USBS0 скидаємо у 0, тому що ми повинні передавати 1 стоп-біт.

Таблиця 4.8 – Керування режимом роботи модулів USART моделей

ATmega48x/88x/168x, ATmega164x/324x/644x і

ATmega640x/1280x/1281x/2560x/2561x

UMSELn1	UMSELn0	Режим роботи
0	0	Асинхронний
0	1	Синхронний
1	0	Зарезервовано
1	1	Ведучий шини SPI

Таблиця 4.9 – Керування контролем парності

UPM1 (UPMn1)	UPM0 (UPMn0)	Режим роботи
0	0	Виключений
0	1	Зарезервовано
1	0	Включений, перевірка на парність (even parity)
1	1	Включений, перевірка на непарність (odd parity)

Примітка: n = 0, 1, 2 чи 3.

Біти UCSZ01, UCSZ00 разом з бітом UCSZ02 регістра UCSRB програмують розмір слова даних (таблиця 4.10). Для нашого прикладу треба запрограмувати: UCSZ01=1; UCSZ00=1, а UCSZ02=0 (передаються 8 розрядів).

Таблиця 4.10 – Визначення розміру слова даних у модулях USART

UCSZ2 (UCSZn2)	UCSZ1 (UCSZn1)	UCSZ0 (UCSZn0)	Розмір слова даних
0	0	0	5 розрядів
0	0	1	6 розрядів
0	1	0	7 розрядів
0	1	1	8 розрядів
1	0	0	Зарезервовано
1	0	1	Зарезервовано
1	1	0	Зарезервовано
1	1	1	9 розрядів

Примітка: n = 0, 1, 2 чи 3.

Розряд UCPOL0 в асинхронному режимі не використовуються, тому запишемо у нього 0.

Тоді керуюче слово KC2 має вид:

	7p	6p	5p	4p	3p	2p	1p	0p	
UCSR0C	0	0	1	0	0	1	1	0	B=\$26

Згідно з таблицею 4.6 реєстр UCSR0C для заданого МК-ра має адресу: \$0095.

Тоді програма має вид:

LDI R17, \$26; R17← \$26,

LDI R29, \$00; R29←\$00,

LDI R28, \$95; R28←\$95, R29, R28 (Y) ←\$0095,

ST Y, R17; UCSR0C ←R17=KC2=\$26.

Програмування реєстра контролера швидкості передачі UBRR

Реєстр UBRR є 12-розрядним та фізично розміщений у двох реєстрах введення/виведення (таблиця 4.11)

Таблиця 4.11 – Розміщення реєстрів контролера швидкості передачі

Модель	Реєстри	Адреса
ATmega8515x/8535x ¹⁾	UBRRH:UBRRL	\$20 (\$40):\$09 (\$29)
ATmega8x/16x/32x ¹⁾	UBRRH:UBRRL	\$20 (\$40):\$09 (\$29)
	UBRR0H:UBRR0L	(\$90):\$09 (\$29)
	UBRR1H:UBRR1L	(\$98):(\$99)
ATmega48x/88x/168x	UBRR0H:UBRR0L	(\$C5):(\$C4)
	UBRR0H:UBRR0L	\$20 (\$40):\$09 (\$29)
	UBRR1H:UBRR1L	\$3C (\$5C):\$00 (\$20)
	UBRR0H:UBRR0L	(\$C5):(\$C4)
	UBRR1H:UBRR1L	(\$CD):(\$CC)
ATmega165x/325x/3250x/645x/6450x	UBRR0H:UBRR0L	(\$C5):(\$C4)
¹⁾ У цих моделях реєстр UBRRH (UBRRnH) розміщується за тією ж адресою, що й реєстр UCSRC (UCSRnC)		
	UBRR0H:UBRR0L	(\$C5):(\$C4)
	UBRR1H:UBRR1L	(\$CD):(\$CC)
	UBRR2H:UBRR2L	(\$D5):(\$D4)
	UBRR3H:UBRR3L	(\$135):(\$134)
	UBRR0H:UBRR0L	(\$C5):(\$C4)
	UBRR1H:UBRR1L	(\$CD):(\$CC)

Для нашого МК-ра ці реєстри мають адреси: UBRR0H=\$0090; UBRR0L=\$0029.

Згідно з розрахунком, наведеним вище, UBRR=23=\$0017.

Тоді програма має вид:

LDI R18, \$00; R18← \$00;

LDI R31, \$00; R31←\$00;
 LDI R30, \$90; R30←\$90; R31, R30 (Z)←\$0090 (адреса UBRR0H);
 ST Z, R18; UBRR0H ← \$00 (старший байт UBRR).
 LDI R19, \$17; R19← \$17;
 LDI R27, \$00; R27←\$00;
 LDI R26, \$29; R26←\$29; R27, R26 (X)←\$0029 (адреса UBRR0L);
 ST X, R19; UBRR0L=\$17 (молодший байт UBRR).

Програмування регістра UCSR0B [12,17]

Формат регістра UCSR0B наведено на рисунку 4.31, а опис його розрядів – у таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Розряди регістрів UCSRB (UCSRnB)

Розряд	Назва	Опис
7	RXCIE (RXCIE _n)	<u>Дозвіл переривання після завершення прийому</u> Якщо даний розряд встановлено в «1», то при встановленні прапорця RXC (RXC _n) регістра UCSRA (UCSR _n A) генерується переривання «прийом завершено» (якщо прапорець I регістра SREG встановлено в «1»)
6	TXCIE (TXCIE _n)	<u>Дозвіл переривання після завершення передачі</u> Якщо даний розряд встановлено в «1», то при встановленні прапорця TXC (TXC _n) регістра UCSRA (UCSR _n A) генерується переривання «передачу завершено» (якщо прапорець I регістра SREG встановлено в «1»)
5	UDRIE (UDRIE _n)	<u>Дозвіл переривання при очищенні регістра даних UART.</u> Якщо даний розряд встановлено в «1», то при встановленні прапорця UDRE у регістрі UCSRA (UCSR _n A) генерується переривання «регістр даних пустий» (якщо прапорець I регістра SREG встановлено в «1»)
4	RXEN (RXEN _n)	<u>Дозвіл прийому</u> Якщо даний розряд встановлюється в одиницю, то дозволяється робота приймача та перевизначається функціонування виводу RXD (RXD _n). При скидані розряду RXEN (RXEN _n) робота приймача забороняється, а його буфер очищується. Значення прапорців RXC (RXC _n), DOR/OR, FE (FE _n) при цьому стають недійсними
3	TXEN (TXEN _n)	<u>Дозвіл передачі</u> При встановленні цього розряду в «1» дозволяється робота передавача UART/USART та перевизначається функціонування виводу TXD (TXD _n). Якщо розряд скидається в «0» під час передачі, відключення передавача відбудеться тільки після закінчення передачі даних, що знаходяться у регістрі зсуву та буфері передавача

Продовження таблиці 4.12

2	CHR9 (CHR9n)	<u>Формат пакетів</u> Цей розряд використовується для задання розміру слів даних, що передаються по послідовному каналу. У модулях USART він використовується разом з розрядами UCSZ1:0 (UCSZn1:0) регістра UCSRC (UCSRnC). У модулях UART, якщо розряд CHR9 (CHR9n) встановлено в «1», здійснюється передача та прийом 9-розрядних даних, якщо скинутий - 8-розрядних
	UCSZ2 (UCSZn2)	
1	RXB8 (RXB8n)	<u>8-й розряд даних, що приймаються</u> При використанні 9-розрядних слів даних цей розряд містить значення старшого розряду прийнятого слова. У випадку USART вміст цього розряду має бути зчитано до читання регістра даних UDR
0	TXB8 (TXB8n)	<u>8-й розряд даних, що передаються</u> При використанні 9-розрядних слів даних, вміст цього розряду є старшим розрядом слова, що передається. Необхідне значення має бути занесене у цей розряд до завантаження байта даних у регістр UDR

Примітка: n = 0, 1, 2 або 3.

Для нашого прикладу необхідно запрограмувати: UDRIE=1; UCSZ02=0 (таблиця 4.12) та TXEN=1. Інші біти не використовуються, тому запишемо в них нулі.

Тоді керуюче слово KC3 має вид:

	7p	6p	5p	4p	3p	2p	1p	0p	
UCSR0B	0	0	1	0	1	0	0	0	B=\$28

Згідно з таблицею 4.6 регістр UCSR0B має адресу: \$002A.

Тоді програма має вид:

LDI R19, \$28; R19 ← KC3=\$28,

LDI R29, \$00; R29 ← \$00,

LDI R28, \$2A; R28 ← \$2A; R29, R28 (Y) ← \$002A,

ST Y, R19; UCSR0B ← R19 = KC3= \$28.

Програмування регістра даних UDR0[12,17]

Згідно з таблицею 4.13 регістр даних UDR0 нашого МК-ра має адресу \$002C.

Таблиця 4.13 – Розміщення регістрів даних модулів USART/UART деяких мікроконтролерів сімейства AVR

Регістр	Адреса	ATmega8515x/8535x	ATmega8x/16x/32x	ATmega64x/128x	ATmega48/x88x/168x	ATmega162x	ATmega164x/324x/644x	ATmega165x, ATmega325x/350x, ATmega645x/6450x	ATmega640x/1280x/1281x	ATmega2560x/2561x	Опис
	\$0C (\$2C)	•	•								
	(\$C6)							•			
	\$0C (\$2C)			•		•					
	(\$C6)				•		•		•	•	
	\$03 (\$23)					•					
	(\$9C)			•							
	(\$CE)								•	•	
UDR2	(\$D6)								•		Регістр даних USART2
UDR3	(\$136)								•		Регістр даних USART3

Тоді програма має вид:

LDI R31, \$00; R31 ← \$00;

LDI R30, \$2C; R30 ← \$2C; R31, R30 (Z) ← \$002C;

ST Z, R22; UDR0 ← R22 (завантаження байта для передачі).

Після програмування регістра даних UDR0 згідно з таблицею 4.14 інформація у послідовному двійковому коді у старт-стопному форматі передається на лінію TXD0=PE1 заданого МК-ра незалежно від програмування напрямку обміну цією лінією.

Таблиця 4.14 – Виводи, що використовуються модулями USART

Назва	ATmega8515x	ATmega8535x	ATmega8x	ATmega16/32x	ATmega64x/128x	ATmega48x/88x/168x	ATmega162x	ATmega164x/324x/644x	ATmega165x, ATmega325x/350x, ATmega645x/6450x	ATmega640x/1280x/2560x	ATmega1281x/2561x	Опис
RXD	PD0	PD0	PD0	PD0	-	PD0	-	-	PE0	-	-	
RXD0	-	-	-	-	PE0	-	PD0	PD0	-	PE0	PE0	
TXD	PD1	PD1	PD1	PD1	-	PD1	-	-	PE1	-	-	
TXD0	-	-	-	-	PE1	-	PD1	PD1	-	PE1	PE1	
XCK	PD4	PB0	PD4	PB0	-	PD4	PD4	-	PE2	-	-	
XCK0	-	-	-	-	PE2	-	-	PB0	-	PE2	PE2	
RXD1	-	-	-	-	PD2	-	PB2	PD2	-	PD2	PD2	Вхід USART1
TXD1	-	-	-	-	PD3	-	PB3	PD3	-	PD3	PD3	Вихід USART1
XCK1	-	-	-	-	PD5	-	PD2	PD4	-	PD5	PD5	Вхід/вихід зовнішнього тактового сигналу USART1
RXD2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PH0	-	Вхід USART2
TXD2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PH1	-	Вихід USART2
XCK2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PH2	-	Вхід/вихід зовнішнього тактового сигналу USART2
RXD3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PJ0	-	Вхід USART3
TXD3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PJ1	-	Вихід USART3
XCK3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PJ2	-	Вхід/вихід зовнішнього тактового сигналу USART3

4.5 Пристрій зберігання інформації

В якості пристрою зберігання інформації в роботі вибрано оперативний запам'ятовуючий пристрій Samsung Electronics K6T4008C1B–GB55.

Він має такі характеристики:

- а) технологія обробки: TFT;

- б) організація: 512Kx8;
- в) напруга живлення: 4,5–5,5 В;
- г) мінімальне живлення: 2,5 В;
- д) три стану виходу і сумісність з ТТЛШ;
- е) тип корпусу: 32–DIP–600, 32–SOP–525, 32–TSOP2–400F/R.

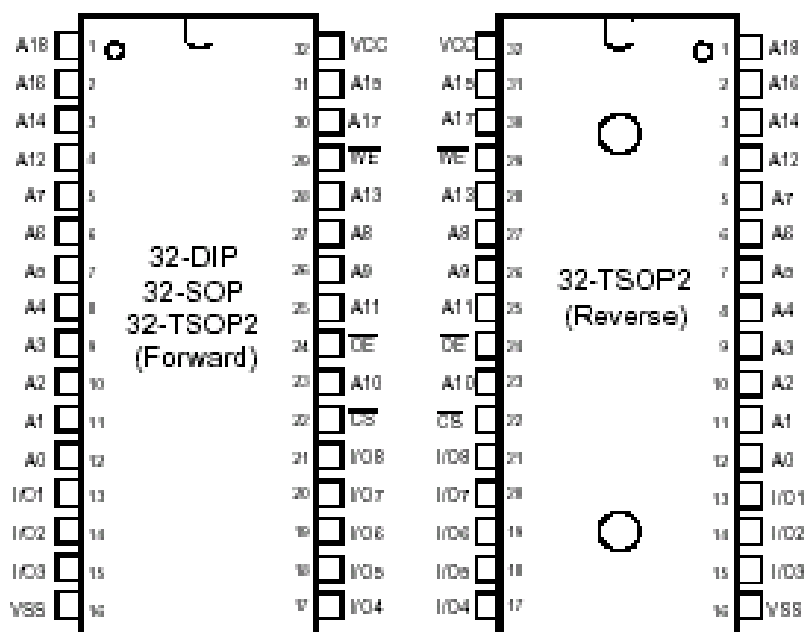


Рисунок 4.32 – Вид мікросхеми 512Kx8 битової CMOS пам'яті

4.6 Радіомодем

Для зв'язку з центральним пунктом керування в роботі обрано GSM–модем, який відноситься до категорії промислових модемів. У категорію промислові модеми виділяють всі GSM RS–232 термінали. GSM RS–232 термінали – це модеми, що працюють в мережах GSM і мають для передачі даних інтерфейс RS–232 і вхід живлення. Промислові модеми практично ніколи не використовуються для організації бездротового доступу до мережі Інтернет, а призначені для використання в системах M2M (machine to machine), щоб мати можливість забезпечити бездротовий зв'язок між елементами обладнання або системами. На сьогоднішній день GSM модеми мають досить багато сфер застосування, найбільш популярними з яких є: автотранспорт і моніторинг рухомих об'єктів, телеметрія (наприклад, система "Розумний будинок"), автоматизовані системи контролю та обліку

енергоресурсів, дистанційна диспетчеризація в сфері телекомунікацій, водопостачання, нафтової і газової промисловості, вендінг (передача даних і управління торговими автоматами та платіжними терміналами) і багато інших.

У роботі застосовано GSM–модем TELEOFIS RX100–R2– промисловий GSM–модем з послідовним інтерфейсом RS–232 для дистанційної передачі даних в мережах GSM. Забезпечує швидкість передачі даних по RS–232: 1200–115200 біт / сек.

4.7 Давачі

Згідно з технічним завданням, необхідно вимірювати наступні параметри:

- а) температура повітря (діапазон: 20..50 °С);
- б) атмосферний тиск (діапазон: 900...1000 кПа);
- в) швидкість вітру (діапазон: 0..30 м/с);
- г) напрям вітру (діапазон: 0... 360°);
- д) відносна вологість повітря (діапазон: 0..100%);
- е) сонячна радіація (діапазон: 0...1800 Вт/м²);
- ж) температура ґрунту (діапазон: –30..50 °С);
- з) рівень опадів (діапазон: 0..15мм).

П'ять давачів: температури повітря; атмосферного тиску; відносної вологості повітря; швидкості вітру; температури ґрунту видають інформацію про стан параметрів контролю в форматі інтерфейсу 1–WIRE. Інші три давачі видають інформацію про стан параметрів контролю у форматі, який не відповідає 1–WIRE. Щоб ліквідувати цю невідповідність використовуються перетворювачі (PPT1...PPT3), які видають інформацію про стан параметрів контролю в форматі 1–WIRE.

4.7.1 Давачі температури повітря і температури ґрунту

Для вимірювання температури повітря і температури ґрунту можна застосувати давачі типу DS18B20 (рисунок 4.3).

Діапазон температур, які вимірюються давачем: -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$. Датчик має 1–Wire інтерфейс.

4.7.2 Давач атмосферного тиску

Для вимірювання тиску можна обрати датчик TSP200, який виробляється компанією Tegasom та має 1–Wire інтерфейс. Технічні характеристики:

- а) точність $\pm 0.12\%$ р Па;
- б) напруга живлення: 4.0 – 5.5 V;
- в) максимальне споживання струму: 2 мА;
- г) напруга виходу: 0.8 V – 3.9 V;
- д) діапазон вимірювань: 300 – 1100 гПа.

4.7.3 Давач вологості повітря

Для вимірювання вологості повітря можна обрати датчик DHT22, який виробляється компанією компанією HW–Group. Датчик має 1–Wire інтерфейс.

Технічні характеристики:

- а) точність: $\pm 0.12\%$ р Па;
- б) напруга живлення: 3.0 V – 5.5 V;
- в) час відгуку: 2 с;
- г) діапазон вимірювань: 20–90% RH.

4.7.4 1–WIRE перетворювач

Як 1–WIRE перетворювач можна обрати DS2438, який має у своєму складі датчик моніторингу стану батареї, датчик температури і АЦП.

4.7.5 Давач кількості опадів

Для вимірювання кількості опадів можна обрати принцип роботи, який підраховує кількість імпульсів, які виробляє відповідний механізм.

Як цей механізм може використовуватися мірна ложка, на яку опади стікають з вимірювальної площадки. Заповнення ложки відповідає, наприклад, випаданню 1мм опадів. Коли ложка наповниться, вона перекидається та опади виливаються.

Після цього ложка повертається у вихідне положення. Постійний магніт знаходиться на важелі ложки. Коли відбувається перекидання магніт проходить повз геркон і на вхід лічильника датчика надходить імпульс.

4.7.6 Давач напрямку вітру

На основі чотириканального аналого–цифрового перетворювача DS2450 можна побудувати давач напрямку вітру. Як пристрій, який реєструє, можна використати котушку з герконами. Геркони розташовуються по колу з кроком: від 22 до 30 °.

В центрі котушки стоїть флюгер, який має магніт. Магніт розміщується відповідним чином, що забезпечує спрацювання двох суміжних герконов. Використовуючи всього вісім герконов, можна забезпечити точність вимірювання: $\pm 11 \text{ to } 15^\circ$.

Перевагою цієї схеми є те, що її не потрібно калібрувати. Треба вибрати геркон, присвоїти йому номер та прив'язати до географічної півночі.

4.7.7 Давач швидкості вітру

Для вимірювання швидкості вітру можна обрати Anemometer Wind Speed Sensor компанії Adafruit. Він має 1–Wire інтерфейс.

Технічні характеристики:

- а) точність: $\pm 1 \text{ м / с}$;
- б) напруга живлення: $V 4.0 - 5.5 \text{ V}$;
- в) струм живлення: 200 мка;
- г) напруга виходу: $0.4 \text{ V} - 2 \text{ V}$;
- д) робочий діапазон вимірювань: $0.5..50 \text{ м / с}$;
- е) максимальна швидкість вітру: 70 м / с ;

4.7.8 Давач сонячної радіації

Для вимірювання сонячної радіації можна послідовно підключити фотодіод та резистор. Світло потрапляє на фотодіод, генерує струм, на резисторі виникає

падіння напругиє. Ця напруга зчитується АЦП. Які АЦП використовується 1–WIRE перетворювач: DS2438.

5 РОЗРОБКА І ОПИС СХЕМИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ СИСТЕМИ

В роботі розроблений алгоритм роботи метеостанції , який наведений у додатку Г.

Відповідно з цим алгоритмом спочатку виконується початкове програмування – ініціалізація мікроконтролера (блок 1). Потім виконується перевірка можливої появи команди віддаленого керування від центрального пункту збору метеорологічної інформації (блок 2).

У разі появи цієї команди викликається та виконується підпрограма обробки цієї команди (блок 12). Після цього згідно з розробленим окремим алгоритмом (додаток Д) виконується пошук активних пристроїв на шині (блок 3). Якщо з'явилася помилка пошуку (блок 4), тоді пошук знову поновлюється.

При програмній реалізації алгоритму необхідно при передачі та прийомі байтів підраховувати їх контрольну суму за відповідним алгоритмом та порівнювати це значення з прийнятим значенням CRC. Якщо обидва CRC збігаються, то МК або пристрій вважають дані достовірними. В іншому випадку продовження обміну неможливе (блок 6).

Наступним етапом є отримання значень від давачів (блок 7 – додаток Ж), зберігання даних у статичному оперативному запам'ятовуючому пристрої (блок 8), відображення інформації на пристрої відображення (блоки 10, 11).

Після цього виконується перевірка отримання сигналу «Роботу завершено» і у разі цього відсутності продовжується виконання програми.

6 РОЗРОБКА ТА ОПИС ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

В роботі розроблена схема електрична принципова модуля обробки інформації контролера автономної метеорологічної станції.

Схему розроблено в пакеті проектування Microsoft Office Visio Professional та наведено у додатку В.

Основним вузлом схеми є мікроконтролер ATmega128 (мікросхема DD2). Він керує мережею 1-WIRE та зчитує інформацію від давачів. Ця інформація зберігається у зовнішньому статичному запам'ятовуючому пристрої (мікросхема DD4). Запис інформації виконується байтами через лінії мікроконтролера AD0...AD7. Ці лінії використовуються в режимі мультиплексування: спочатку через них видається молодший байт адреси пам'яті, який заціпується у паралельному 8-розрядному регістрі (мікросхема DD3). Після цього через ці лінії видається байт, який надходить на входи ID0...ID7 мікросхеми DD3 та запам'ятовується там. Об'єм пам'яті складає $2^{16}=65536$ байт. Для її адресації потрібно 16 розрядів адреси. Тому через лінії A8...A15 мікроконтролера протягом циклу запису в пам'ять постійно передається старший байт адреси.

Для зв'язку з радіомодемом, який підключається до схеми через роз'єм XS3, використовується пристрій перетворення рівнів (мікросхема DD1), який перетворює рівні цифрових сигналів на лініях RxD0/TxD0 мікроконтролера у рівні сигналів інтерфейсу RS-232 для роботи з GSM-радіомодемом. Ємності C4...C8 потрібні згідно типовій схемі підключення мікросхеми DD1.

Інформація від модуля давачів подається на схему через роз'єм XS1. Всі сигнали від давачів підключаються до однієї лінії мережі 1-WIRE, та з'єднуються з мікроконтролером через лінію PF3. Резистор R1 підтягує лінію 1-WIRE до напруги +5В згідно зі схемою функціонування мережі.

Кварцевий резонатор BQ1 визначає тактову частоту мікроконтролера, яка дорівнює 16МГц. Ємності C1, C2 потрібні для підвищення стабільності роботи системного генератора, основна частина якого входить у склад мікроконтролера.

Ланцюг C3, R2, R3, VD1 виробляє сигнал «RESET» для мікроконтролера автоматично при подачі живлення або від зовнішньої кнопки «СКИДАННЯ» (роз'єм XS1).

Через роз'єм XS5 зі схеми передаються 8 біт інформації для її відображення на семисегментних індикаторах.

Через роз'єм XS4 з виходу зовнішнього мережевого трансформатора подається змінна напруга: $\sim 12\text{В}$. Через двонапівперіодний випрямляч (мікросхема DA1) ця випрямлена напруга поступає на стабілізатор напруги $+5\text{В}$ (мікросхема DA2). З виходу цієї мікросхеми знімається стабільна напруга живлення схеми: $+5\text{В}$. Діоди VD2, VD3 потрібні для подачі на схему або основного живлення, або резервного: $+4,5\text{В}$. Резервне живлення потрібно для зберігання інформації у статичному запам'ятовуючому пристрої при короткочасному зникненні основної напруги.

Ємністі C9, C10, які мають досить високі значення, необхідні для захисту від низькочастотних завад за джерелом живлення.

В свою чергу ємності C11...C14, які мають невеликі значення потрібні для боротьби з високочастотними завадами. Їх кількість визначається кількістю цифрових мікросхем (DD1...DD4). На друкованій платі вони повині розміщатись біля виводів живлення мікросхем.

Через роз'єм XS2 подаються сигнали для програмування FLASH-пам'яті мікроконтролера. Це програмування виконується через синхронний послідовний інтерфейс SPI (лінії: SCK, MISO, MOSI).

7 МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖІ 1–WIRE

7.1 Загальна характеристика пакету Proteus

Для моделювання мережі 1–WIRE в роботі використано пакет програмного забезпечення Proteus.

Пакет являє собою систему схемотехнічного моделювання, що базується на основі моделей електронних компонентів, прийнятих в PSpice. Відмінною рисою пакету Proteus Design є можливість моделювання роботи програмованих пристроїв: мікроконтролерів, мікропроцесорних систем, DSP і т. ін. Proteus Design включає в себе більше 6000 електронних компонентів з усіма довідковими даними, а також демонстраційні ознайомчі проекти. Додатково в пакет PROTEUS VSM входить система проектування друкованих плат. Пакет Proteus складається з двох підпрограм: ISIS - програма синтезу та моделювання безпосередньо електронних схем і ARES - програма розробки друкованих плат. Разом з програмою встановлюється набір демонстраційних проектів для ознайомлення. Також програма включає в себе інструменти USBCONN і COMPIM, які дозволяють підключити віртуальний пристрій до USB- і COM-портів комп'ютера.

Proteus VSM розроблений фірмою Labcenter Electronics на базі ядра SPICE3F5 університету Berkeley. Він є середовищем наскрізного проектування. Це означає, що створення пристрою починається з зображення принципової схеми і закінчується виготовленням друкованої плати пристрою. Існує можливість виконувати контроль на кожному етапі проектування.

Хоча на вигляд програма складна, але користуватися нею можуть не тільки професіонали, а й новачки. Proteus VSM можна використовувати як для проектування найпростіших аналогових пристроїв, так і для складних систем, які створюються на мікроконтролерах. Існує велика бібліотека різних моделей елементів. Цю бібліотеку може поповнювати сам користувач. Для цього треба розуміти роботу елемента і мати невеликий досвід програмування. Пакет має широкий набір інструментів і функцій, наприклад, вольтметр, амперметр,

осцилограф, різні генератори і т. ін. Існує можливість налагоджувати програми мікроконтролерів. Таким чином PROTEUS VSM є добрим помічником при розробці електронних пристроїв.

Proteus останньої версії можна завантажити з мереж чи придбати на сайті виробника. В роботі для моделювання мережі 1–WIRE було використано програму Proteus 8.6.

7.2 Опис моделі

На рисунку 7.1 представлено схему моделювання мережі 1–WIRE.

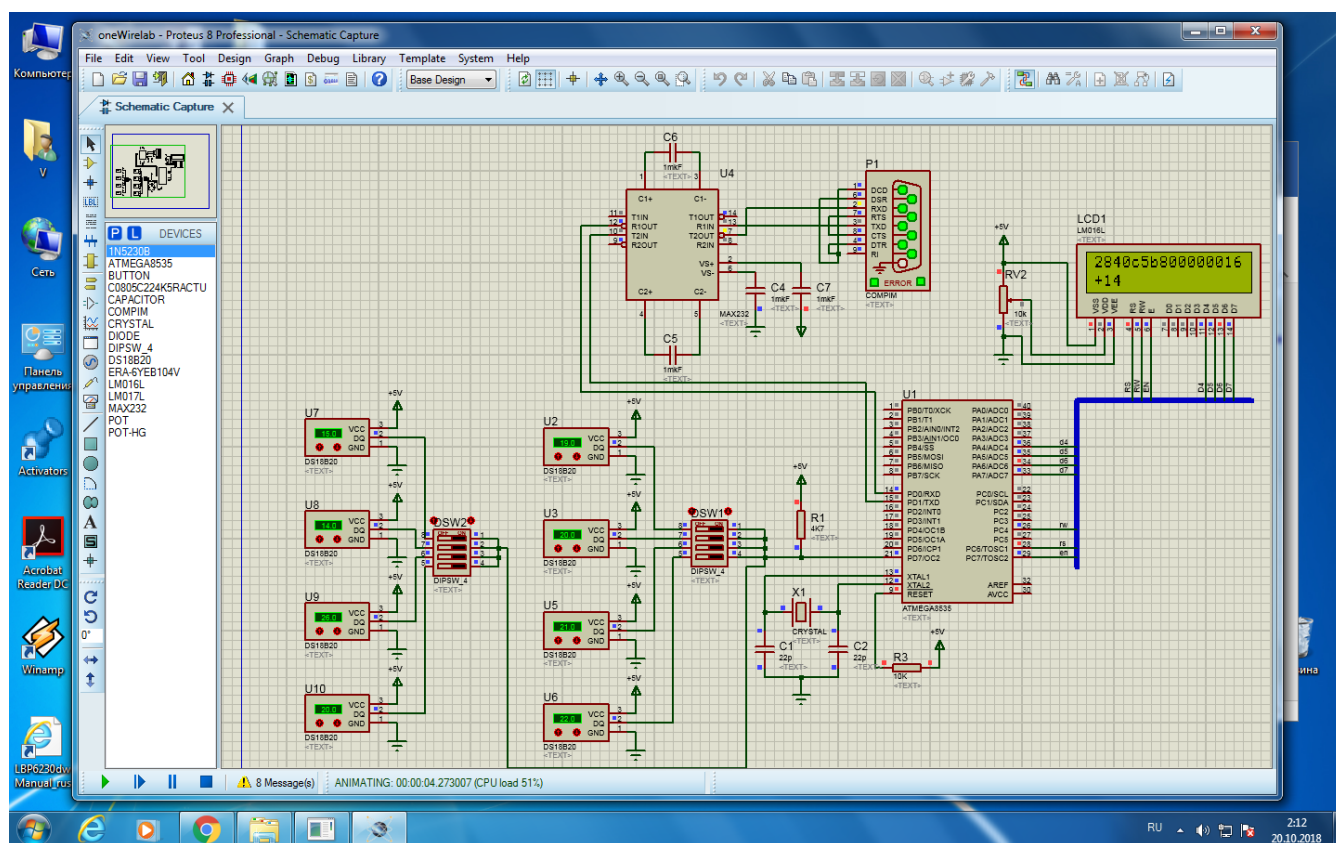


Рисунок 7. 1 – Мережа 1–WIRE, схема моделювання

В моделі в ролі давачів, які повинні вимірювати контрольовані параметри, застосовано датчики температури: U2, U3, U5...U10. Ці датчики підключено до мікроконтролера U1 з використанням резистора R1, що відповідає архітектурі мережі 1–WIRE. Для імітації динамічного підключення датчиків до шини в модель входять вісім перемикачів: SW1, SW2. Кожен датчик має по дві кнопки: «+» та «–».

За допомогою цих кнопок можна задати потрібне значення температури, яку під час моделювання повинен вимірювати відповідний датчик.

Як зазначалося вище при опису мережі 1-WIRE кожен пристрій має 64-бітовий унікальний ідентифікаційний код. Цей код задається кожному окремому давачу на етапі виробництва мікросхеми. Це означає, що не знайдеться двох мікросхем, які мають однаковий ідентифікаційний номер. При існуючих темпах виробництва подібних давачів фірмою DALAS протягом кількох десятків років це буде виконуватися.

Ідентифікаційний код записано у ROM-пам'ять датчика та використовується під час адресації пристроїв на шині. Молодший байт цього коду ідентифікує сімейство, до якого належить 1-WIRE-пристрій. Наприклад, якщо використовується датчик DS18B20, то він має код: 0x28. Серійний номер пристрою відображають наступні 6 байт. Старший байт ідентифікаційного коду – це байт CRC. Він обчислюється згідно значень перших 7 байтів коду за відповідним алгоритмом, який описано вище при опису мережі. Таким чином в моделі є шина 1-WIRE, до якої підключено один ведучий пристрій-мікроконтролер та невідома кількість ведених пристроїв. Ці ведені пристрої мають не однаковий код. Як видно зі схеми моделі шина 1-WIRE підтягнута до додатного полюса напруги живлення резистором. Тому при простій шини на ній завжди присутня логічна «1». Підключення різних пристроїв до спільної шини організовано за принципом «монтажне АБО» для нульових значень сигналів, які подаються на шину. Тобто, якщо хоч один пристрій буде подавати в шину логічний нуль, то на шині буде нуль незалежно від можливих одиничних сигналів від інших пристроїв.

На початку роботи моделі мікроконтролер опитує шину та визначає присутність на ній підключених датчиків. У випадку, коли на шині є хоча б один датчик, мікроконтролер визначає коди датчиків, зчитує з них значення температури та виводить на LCD-дисплей. В модель також входить перетворювач рівнів MAX232, який потрібен при роботі з модемом. Після цього перетворювача сигнал поступає на роз'єм RS232. До роз'єму в реальній системі підключається модем, через який

відбувається обмін з віддаленим терміналом. В якості цього терміналу виступає центральний пункт збору метеорологічної інформації, який виконує подальшу обробку значень температури програмою високого рівня.

Після запуску запуску моделювання за допомогою панелі моделювання на LCD-дисплей спочатку виводиться кількість датчиків, які присутні на шині. Потім по чергово виводяться ідентифікаційні номери активних датчиків та значення температури. У прикладі, який наведено на рисунку 7.1, відображено вимірювання від датчика U8, на якому встановлено температуру: +14 градусів Цельсія. Цей датчик має шістнадцятковий ідентифікаційний номер: 2840c5b800000016. Дисплей відображає цей номер та значення температури: +14 градусів Цельсія, що підтверджує достовірність алгоритму та робочої програми, які розроблено в роботі..

8 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

8.1 Опис ідеї проекту

8.1.1 Зміст ідеї, можливі напрямки застосування та основні вигоди, що може отримати користувач товару

Описані у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Опис ідеї стартап-проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямки застосування</i>	<i>Вигоди для користувача</i>
	Внесення змін в існуючі ДБН України	Дасть можливість стати базою для розрахунків для підвищення енергоефективності будівель
	Точний застосунок погоди	Точніші прогнози за рахунок погодинних вимірювань
	Розгортання сітки кліматологічних установок в Україні	Пункт 1

8.1.2 Аналіз потенційно техніко-економічних переваг ідеї

Таблиця 8.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Техніко-економічні характеристики ідеї</i>	<i>(потенційні) товари/концепції конкурентів</i>	<i>W (слабка сторон а)</i>	<i>N (нейтрал ьна сторона)</i>	<i>S (сильна сторон а)</i>
------------------	---	--	--	--	--

Продовження таблиці 8.2

		<i>Мій проект</i>	<i>IWEC</i>	<i>Ashrai</i>			
1.	Вартість обслуговування (грн)	3000	6000	4000	-	-	+
2.	Розміри обладнання (м2)	0,25	18	15	-	-	+
3.	Кількість разів використання (тис.)	90 000	80 000	50 000	-	-	+
4.	Технологічна собівартість товару (грн)	1150	10000	9 500	-	-	+
5.	Рівень токсичності (мг/м3)	0,01	0,05	0,1	-	-	+
6.	Запах (0 – відсутній, 1 – максимально різкий)	0,05	0,02	0,3	-	+	-
7.	Досконалість виробничого виконання(0 – недосконале виконання, 1 – досконале)	0,7	0,7	0,6	-	+	-

Продовження таблиці 8.2

8.	Середня трудомісткість підготовки одиниці продукції до перевезення	1	9	8	-	-	+
9.	Ймовірні викиди шкідливих домішок	0,1	0,4	0,6	-	-	+
10.	Ймовірність безпечної праці протягом визначеного часу	0,9	0,4	0,5	-	-	+

8.2 Технологічний аудит проекту

8.2.1 Аудит технології реалізації стартап-проекту

Таблиця 8.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Ідея проекту</i>	<i>Технології її реалізації</i>	<i>Наявність технологій</i>	<i>Доступність технологій</i>
1	Метеорологічна станція, з можливістю передачі даних на вищий рівень.	Програмний метод реалізації контролера	Технології наявні	Технології доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Програмний метод реалізації контролера				

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

8.3.1 Аналіз попиту

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
1	Кількість головних гравців, од	стагнує
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	стагнує
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	зростає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	зростає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	65%

Таким чином, можемо зробити висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

8.3.2 Потенційні групи клієнтів

Таблиця 8.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
	Аналітична метеорологічна база даних	Держава, будівельні організації	стандарти, ціновата доступність, можливість замовлення комплексного проекту	- доступність - якість - довговічність

8.3.3 Аналіз ринкового середовища

Таблиця 8.6 – Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1.	Присутня інертність на попит	Півільне розширення, що є загрозою для рентабельності	Відсутня потреба у випуску продукту

Таблиця 8.7 – Фактори можливостей

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1.	Збільшення серійності метеорологічних станцій	Збільшення видів контроллера	Збільшення попиту на продукцію

8.3.4 Аналіз пропозиції

Таблиця 8.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Тип конкуренції: Чиста конкуренція	Відсутність монополій та конгломератів	Підвищення якості послуг, підвищення якості обслуговування
2. За рівнем конкурентної боротьби: Національний	Надання послуг на обласному рівні	Збільшення кількості систем, що обслуговуються

Продовження таблиці 8.8

3. За галузевою ознакою: Міжгалузева	Конкурентне середовище полягає у точності наданих даних	Розширення впливу
4. Конкуренція за видами товарів: Товарно-видова	Різноманітні напрямки задоволення конкурентної потреби	Покращення якості та зменшення ціни регуляторів
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Зменшення собівартості продукції	Підвищення стійкості приладів до виходу з ладу
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	Немає своєї торгової марки	Розвиток своєї торгової марки

8.3.5 Аналіз умов конкуренції в галузі

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	<i>Прямі конкуренти в галузі</i>	<i>Потенційні конкуренти</i>	<i>Постачаль- ники</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Товари- замінники</i>
<i>Складові аналізу</i>	<i>Ashrai, IWEC</i>	<i>Патенти на продукти наявність товарних знаків</i>	<i>Значення розміру</i>	<i>Рівень чутливості і до зміни цін</i>	<i>Бар'єр проникненн я</i>
Висновки:	Середня інтенсивність конкурентної боротьби	-є можливості входу в ринок - є потенційні конкуренти	Постачальни ки не диктують кмови на ринку	Клієнти диктують умови на ринку шляхом ускладнен ня систем збору інформації	Товари замінники дають лише локальне вирішення проблем

8.3.6 Перелік факторів конкурентоспроможності

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<i>№ п/п</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</i>
1.	Економічні фактори	Вартість обслуговування, експлуатації; технологічна собівартість товару
2.	Рівень технології виробництва	Досконалість виробничого виконання, ймовірність безпечної праці протягом визначеного часу
3.	Попит	Збільшення серійності станцій, складність приладу

8.3.7 Аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Бали 1- 20</i>	<i>Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом, що розробляється</i>						
			<i>-3</i>	<i>-2</i>	<i>-1</i>	<i>0</i>	<i>+1</i>	<i>+2</i>	<i>+3</i>
1	Економічний фактор	18		+					
2	Рівень технології виробництва	15				+			
3	Попит	18		+					

8.3.8 Матриця SWOT – аналізу стартап-проекту

Таблиця 8.12 – SWOT – аналіз стартап-проекту

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
Низька собівартість виробництва Низька вартість обслуговування Високий рівень технології виробництва	Відсутність торгових марок та патентів Ціновий вплив енергоносіїв
Можливості:	Загрози:
Розширення впливу Зниження собівартості Підвищення зносостійкості приладів	Збільшення вартості обслуговування метеостанції Товарно-родова конкуренція

8.3.9 Альтернативи ринкової поведінки

Таблиця 8.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Гарантування перманентного вирішення проблеми зносостійкості	0,5	2-3 роки
2.	Низька ціна товару та низька ціна обслуговування	0,7	1-2 роки

З зазначених альтернатив обираємо 2: з більшою ймовірністю отримання ресурсів та меншими строками реалізації

8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

8.4.1 Визначення стратегії охоплення ринку

Таблиця 8.14 – Визначення цільових груп потенційних споживачів

<i>№ n/n</i>	<i>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>Готовність споживачів сприйняти продукт</i>	<i>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивність конкуренції в сегменті</i>	<i>Простота входу у сегмент</i>
1.	Органи держ- буд-норм	Висока	Середня	Низька	Середня
2.	Погодні додатки	Середній	Середня	Висока	Низька
3.	Будівлі	Середній	Низька	Середня	Середня
Які цільові групи обрано: апаратні системи збору інформації					

8.4.2 Базова стратегія розвитку

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії розвитку

<i>№ n/n</i>	<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентоспромо жні позиції відповідно до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку*</i>
1.	Цільовою групою є держ установи складання ДБН України	Стратегія концентровано го маркетингу	Низька собівартість та низька собівартість обслуговування	Стратегія лідерства по витратах

8.4.3 Вибір стратегії конкурентної поведінки

Таблиця 8.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<i>№ п/п</i>	<i>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки*</i>
	Ні	Буде шукати нових споживачів	Не буде копіювати характеристики	Стратегії заняття конкурентної ніші

8.4.4 Стратегія позиціонування

Таблиця 8.17 – Визначення стратегії позиціонування

<i>№ п/п</i>	<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентосп роможні позиції власного стартап- проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
1.	Зменшення собівартості одиниці продукції, що випускається	Стратегія лідерства по витратах	Технічна собівартість Вартість обслуговуванн я	Низька ціна Висока якість Низька вартість обслуговування

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

8.5.1 Формування маркетингової концепції товару

Таблиця 8.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
1.	Збільшення зносостійкості зчитувального елементу системи збору	Довготривале вирішення проблеми Низька вартість станцій Високий рівень технічної реалізації	Низька ціна Низька вартість обслуговування

8.5.2 Трирівнева маркетингова модель товару

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

<i>Рівні товару</i>	<i>Сутність та складові</i>		
I. Товар за здумом	Кліматологічна база-даних, яка надає можливість покращити розрахунки тепловтрат будівель по існуючих ДБН та внесення змін в ДБН України		
	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Вартість обслуговування	Нм	Вр
	2. Розміри обладнання	М	Тх
	3. Технологічна собівартість товару	М	Тл
	4. Рівень точності	М	Е
Якість: стандарти ІЕС 61131-6			
Параметри тестування: пере регулювання системи			
Пакування: Полімерна тара			

Продовження таблиці 8.19

	Марка: кафедра АУТС КІП ім. Сікорського Назва товару: не регламентується (широкий діапазон товарів)
	До продажу: Гарантія якості
	Після продажу: Можливість доставки та встановлення/налаштування приладу
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Патент та захист інтелектуальної власності	

8.5.3 Визначення цінових меж

Таблиця 8.20 – Визначення меж встановлення ціни

<i>№ п/п</i>	<i>Рівень цін на товари- замінники</i>	<i>Рівень цін на товари- аналоги</i>	<i>Рівень доходів цільової групи споживачів</i>	<i>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</i>
1.	-	5000-10000	-	6000-12000

8.5.4 Визначення оптимальної системи збуту

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

<i>№ n/n</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
1.	Закупівля для потреб підприємства пов'язана з складністю закуповуваного устаткування та взаємодією великої кількості людей	Встановлення безпосередніх контактів із споживачами та покупцями товарів Стимулювання руху товарів до споживача Транспортування товару Обслуговування проданих товарів Участь у формуванні ціни	Канал нульового рівня, що складається з виробника, який продає свій товар безпосередньо споживачам	Власна система збуту, що забезпечує обслуговування товару, формування ціни та встановлення контактів зі споживачами

8.5.5 Розроблення концепції маркетингових комунікацій

Таблиця 8.22 – Концепція маркетингових комунікацій

<i>№ n/n</i>	<i>Специфіка поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціонування</i>	<i>Завдання рекламного повідомлення</i>	<i>Концепція рекламного звернення</i>
1.	Закупівля обладнання на довготривалий термін	Персональні Інформаційні	Позиціонування по перевазі	Інформуюче переконуюче	Представлення вигоди товару

8.6 Висновки

Ідея даного стартап-проекту є розгортання кліматологічної сітки по Україні. Напрямком застосування є метеорологічні станції.

Є можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки наявний попит та спостерігається динаміка ринку.

Конкуренція на ринку чиста, внутрішньогалузева та товарно-родова, що сприяє входженню товару на ринок.

Як альтернативу впровадження доцільно обрати низьку ціну товару та низьку вартість обслуговування.

Таким чином, можемо зробити висновок, що подальша імплементація проекту є доцільною.

ВИСНОВКИ

В роботі розроблено структуру системи збору метеорологічної інформації. Аналіз цієї структури дозволив перенести акцент на проектування її окремої підсистеми—метеостанцію. Розроблено структуру метеостанції, виконано вибір окремих вузлів, що дозволило розробити принципову схему основного вузла метеостанції—модуля обробки інформації. Метеостанція виконує збір інформації про стан основних метеорологічних параметрів: температуру повітря та ґрунту, напрямок та швидкість вітру, атмосферний тиск, вологість, сонячну радіацію та рівень опадів. Основним вузлом модуля обробки інформації є сучасний мікроконтролер—АТmega128, який виконує первинну обробку параметрів контролю, керує їх відображенням, зберіганням та передачею на віддалений пункт керування.

Важливою відмінністю цієї роботи від попередніх з даної тематики є використання датчиків фірми Dallas Semiconductor, архітектура яких орієнтована на сучасну мікроконтролерну мережу 1-WIRE, що суттєво спрощує реалізацію системи, підвищує її надійність та знижує собівартість.

Значну увагу в роботі приділено моделюванню мережі 1-WIRE в пакеті програмного забезпечення Proteus версії 8.6. При цьому було розроблено принципову схему моделі, алгоритм роботи та робочу програму мовою С. Результати цього моделювання підтвердили достовірність теоретичних відомостей.

Робота може бути корисною розробникам інформаційно—керуючих систем різного призначення, в яких використовуються мікроконтролери та мікроконтролерні мережі 1-WIRE.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL – М.: Додэка, 2005–560с
2. Евстифеев А. В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. – М.:Издательский дом «Додэка-XXI», 2007.
3. Партала Радиокомпоненты и материалы: Справочник. – К.: Радиоаматор, 1998. – 720 с.
4. Проектування та програмування мікропроцесорних систем і мереж [Електронний ресурс]: Проектування мережі 1–WIRE: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.05020101, 8.05020101 «Комп’ютеризовані системи управління та автоматика» кафедри автоматики та управління в технічних системах / Автор: А.О. Новацький– К: НТУУ „КПІ”, 2014– 141с.
5. Проектування мікропроцесорних систем [Електронний ресурс]: Проектування мікропроцесорних систем на базі AVR–мікроконтролерів: Периферійні модулі AVR– мікроконтролерів: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри Автоматики та управління у технічних системах / Укл.: А.О. Новацький– К: НТУУ „КПІ”, 2012– 470с.
6. Новацький А. О. Комп’ютерна електроніка-3. Мікропроцесорні системи. Апаратні засоби мікропроцесорних систем : навч. посіб. / А. О. Новацький. – Київ : НТУУ «КПІ», 2015.
7. Комп’ютерна електроніка: Мікропроцесорні системи: Програмування мікропроцесорних систем: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри Автоматики та управління у технічних системах /Автор.: А.О. Новацький– К: НТУУ „КПІ”, 2014– 307с.
8. Проектування мікропроцесорних систем: Кредитний модуль «Проектування мікропроцесорних систем на базі мікроконтролерів сімейства MCS-51»: Програмування мікроконтролерів сімейства MCS–51: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри

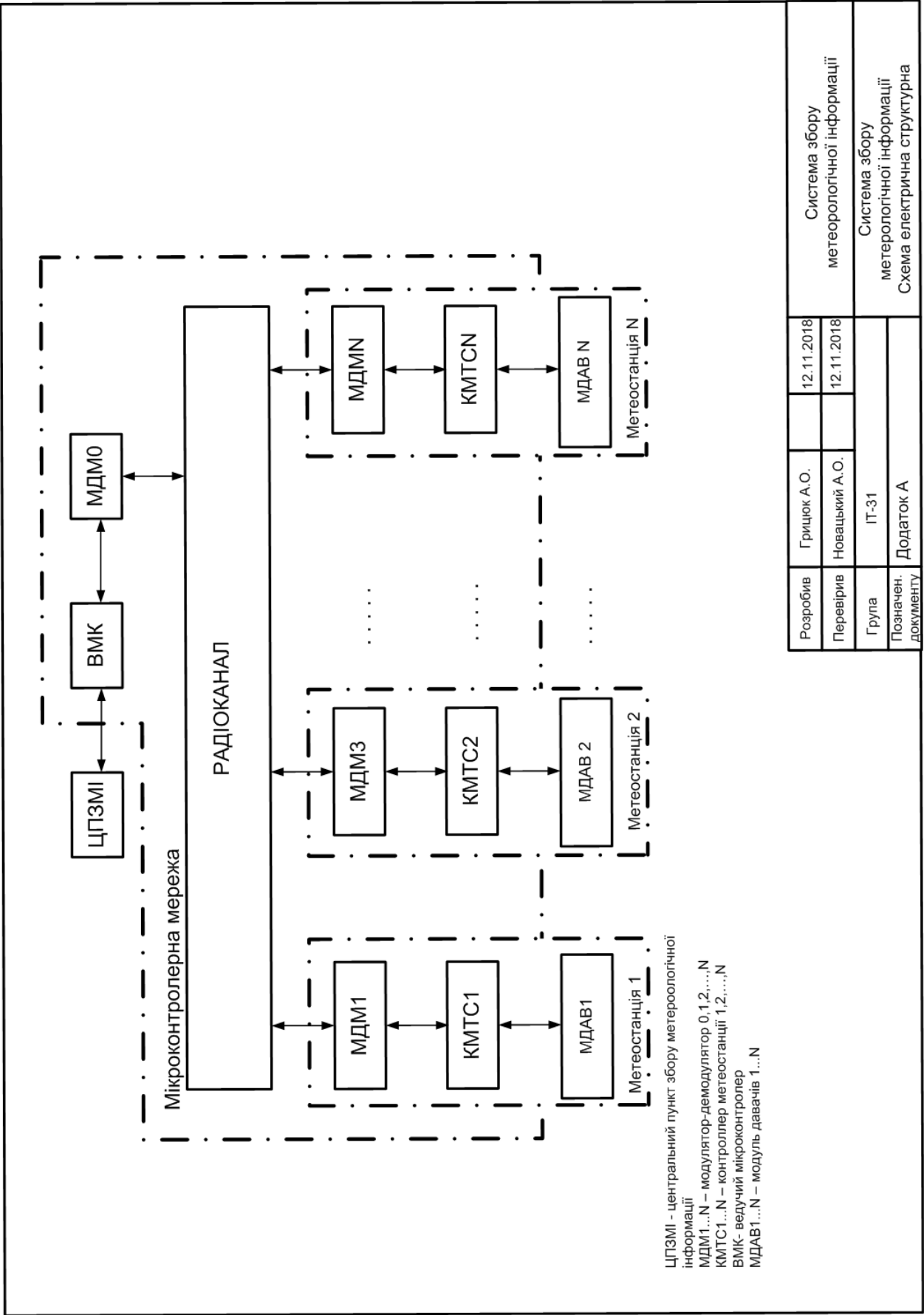
- Автоматики та управління у технічних системах / Автор: А.О. Новацький– К: НТУУ „КПІ”, 2016–156с.
9. Новацький А. О. Імпульсна та цифрова електроніка : навч. посіб. / А. О. Новацький. – Київ : НТУУ «КПІ», 2014.
 10. Навчальний посібник з дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем», розділ «Програмування мікроконтролерів родини AVR» для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри Автоматики та управління у технічних системах / Укл.: А.О. Новацький, Є.В. Глушко – К: НТУУ „КПІ”, 2013 – 109 с.
 11. Проектування мікропроцесорних систем: Проектування мікропроцесорних систем на базі мікроконтролерів сімейства MCS–51: Периферійні модулі мікроконтролерів сімейства MCS–51: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри Автоматики та управління у технічних системах / Автор: А.О. Новацький– К: НТУУ „КПІ”, 2016– 391с.
 12. Методичні вказівки з дисципліни „Мікропроцесорні пристрої”. Розділ „Універсальний асинхронний (синхронний/асинхронний) прийомопередавач мікроконтролерів сім’ї AVR” для студентів спеціальності „Системи управління і автоматики” всіх форм навчання/ Укладач А.О. Новацький – К.: НТУУ „КПІ”. 2007 – С.
 13. Александров Е. К., Грушвицкий Р. И. Микропроцессорные системы: Учебное пособие для вузов. – СПб.: Политехника, 2002.
 14. Кабалеков Б.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. – М.: Телеком, 2000.
 15. Гольденберг Л.М. и др. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. Задачи и упражнения. Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1992.
 16. Информационный Интернет–ресурс <http://www.nanko.ru>– Системы автоматического управления.

17. avr_метед_МКУРС.docx – КПП

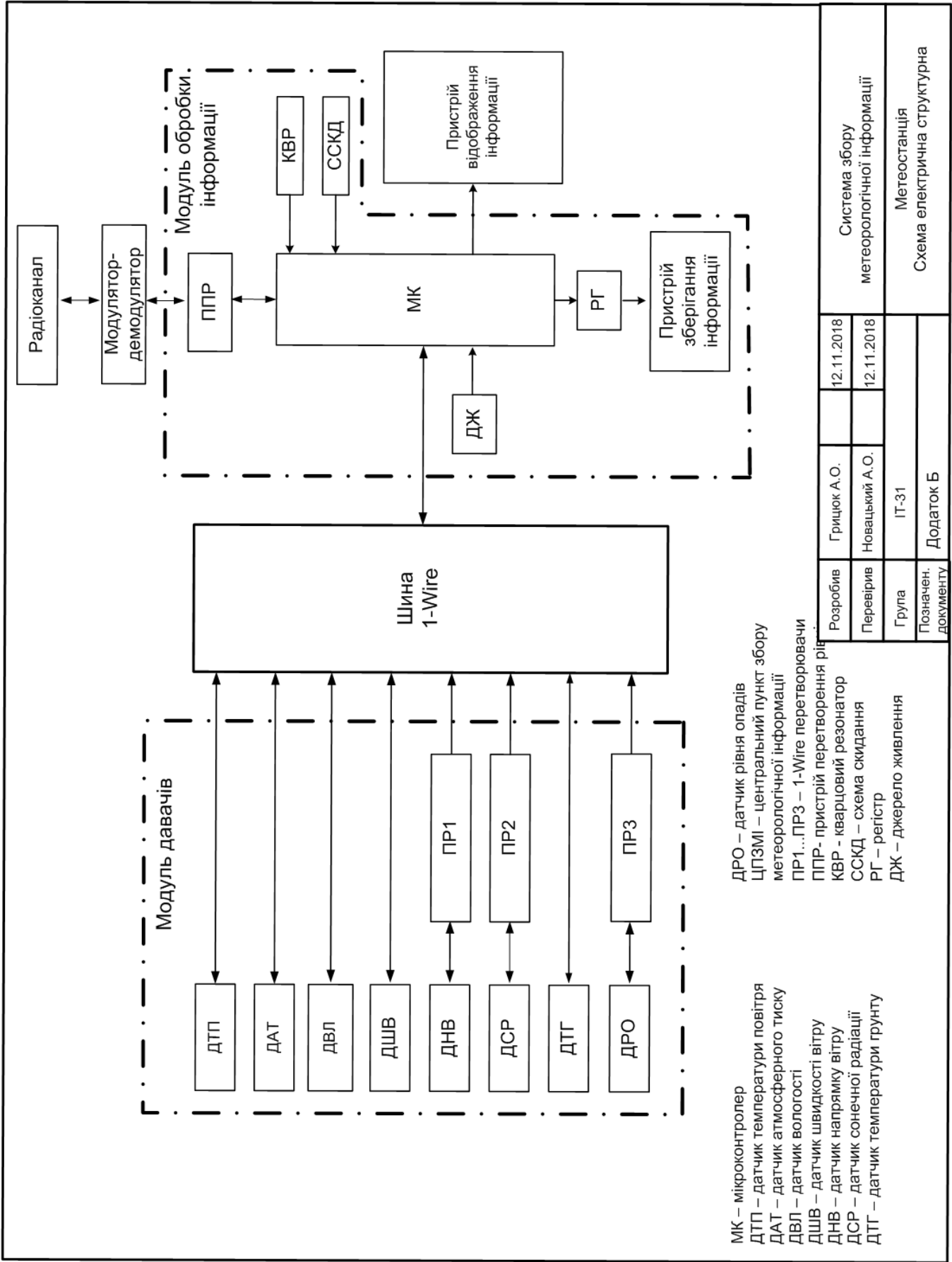
ela.kpi.ua/bitstream/123456789/22236/1/avr_метед_МКУРС.docx автор ДО

Гуменний - 2018

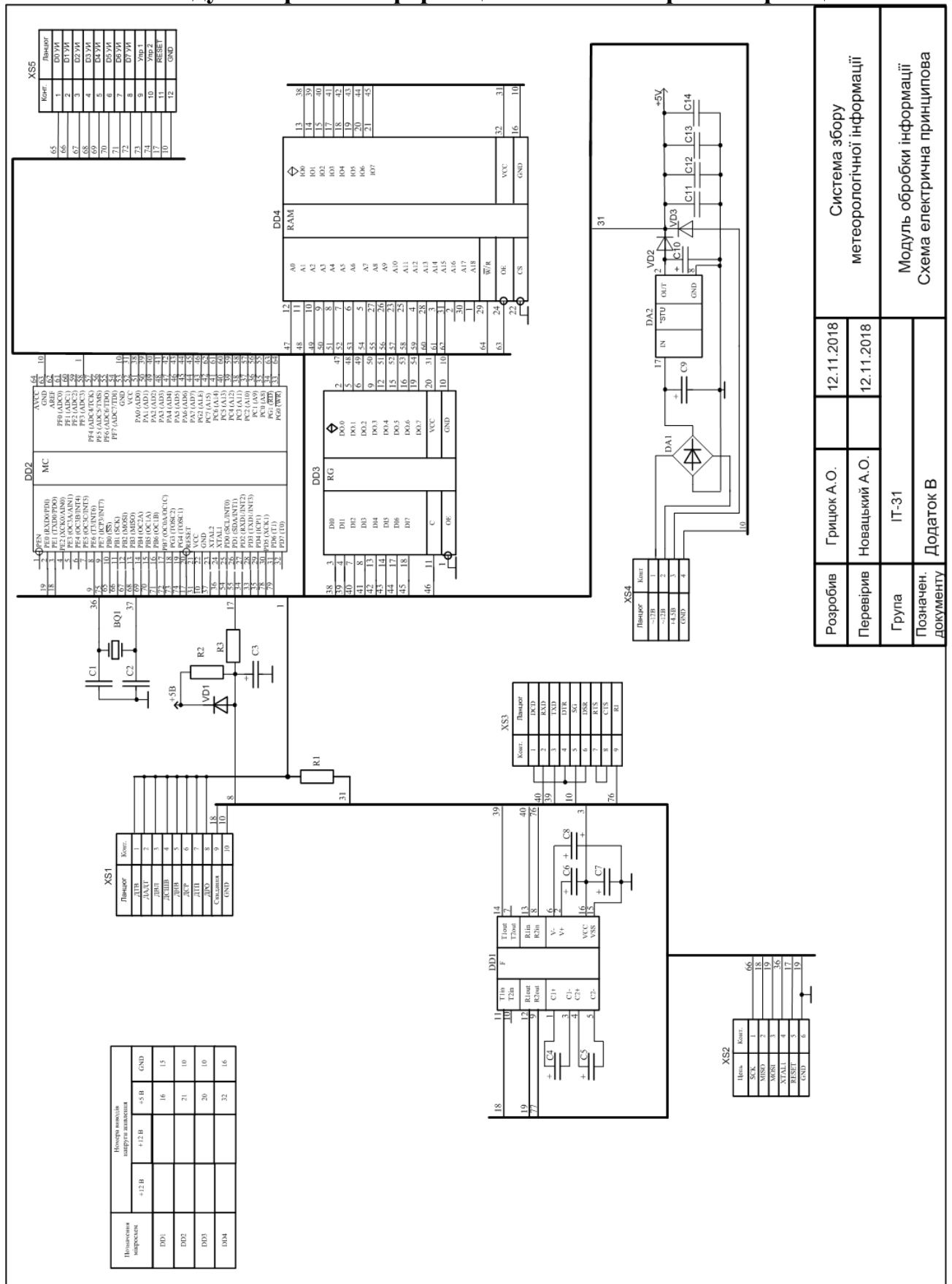
Додаток А
Система збору метеорологічної інформації. Схема електрична структурна



Додаток Б
Метеостанція. Схема електрична структурна

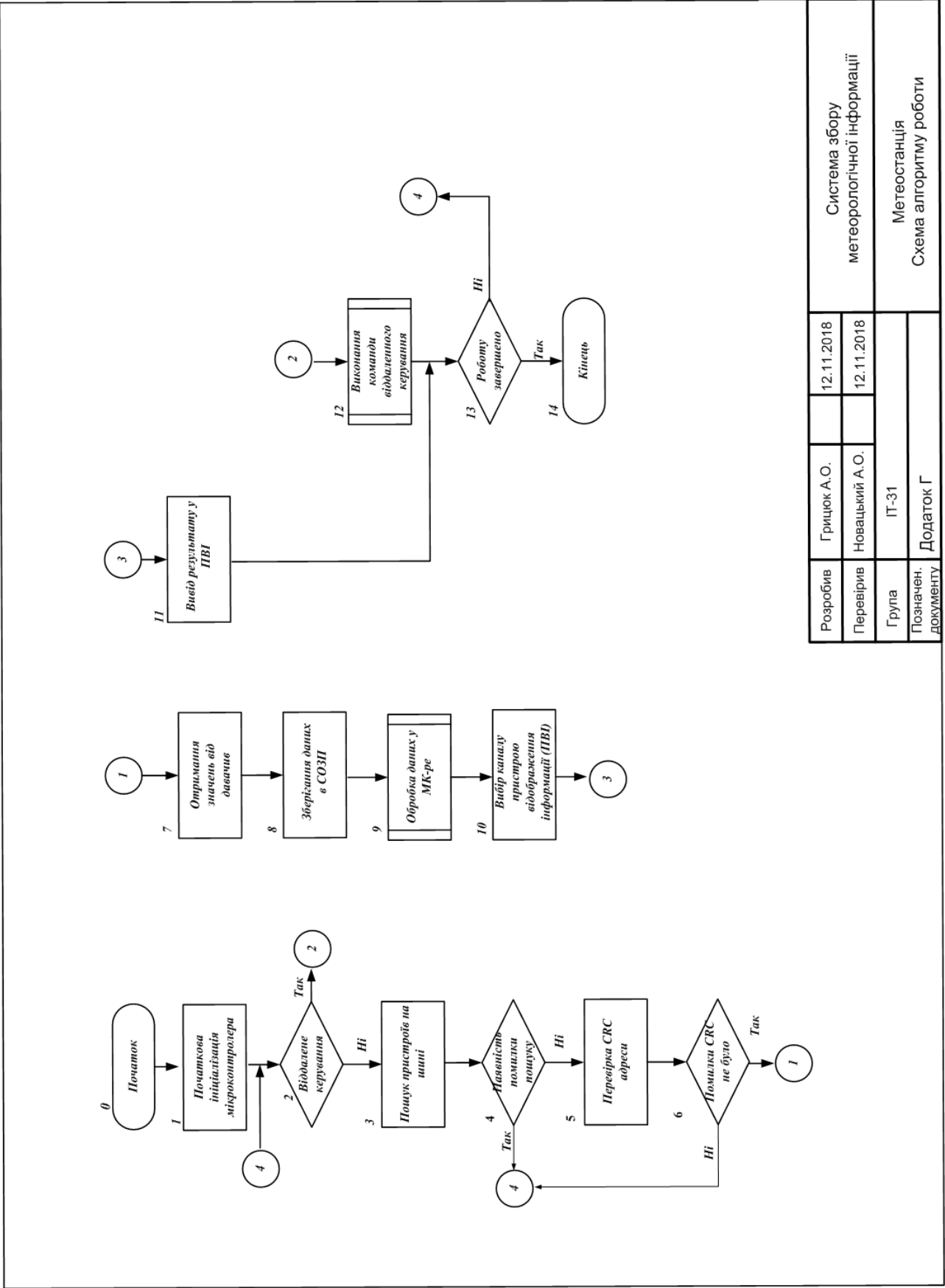


Додаток В **Модуль обробки інформації. Схема електрична принципова**



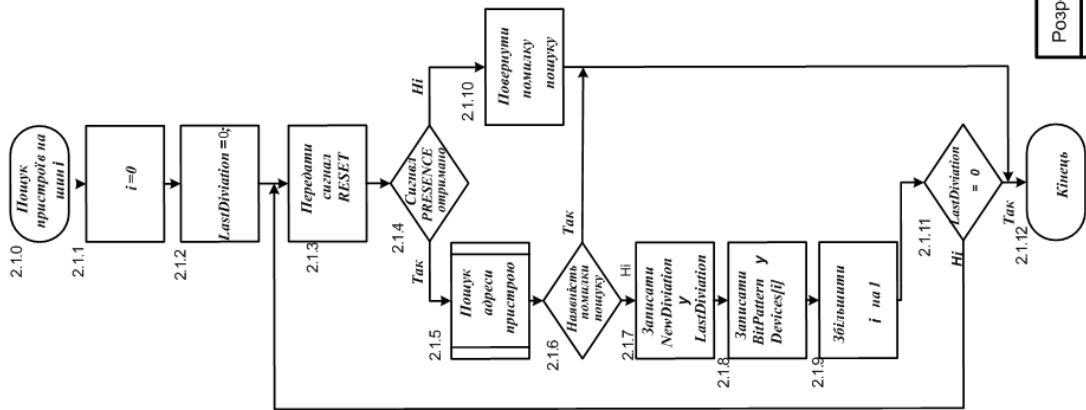
Розробив	Грицюк А.О.	12.11.2018	Система збору метеорологічної інформації
Перевірів	Новацький А.О.	12.11.2018	
Група	ІТ-31		Модуль обробки інформації Схема електрична принципова
Позначен. документу	Додаток В		

Додаток Г
Метеостанція. Схема алгоритму роботи



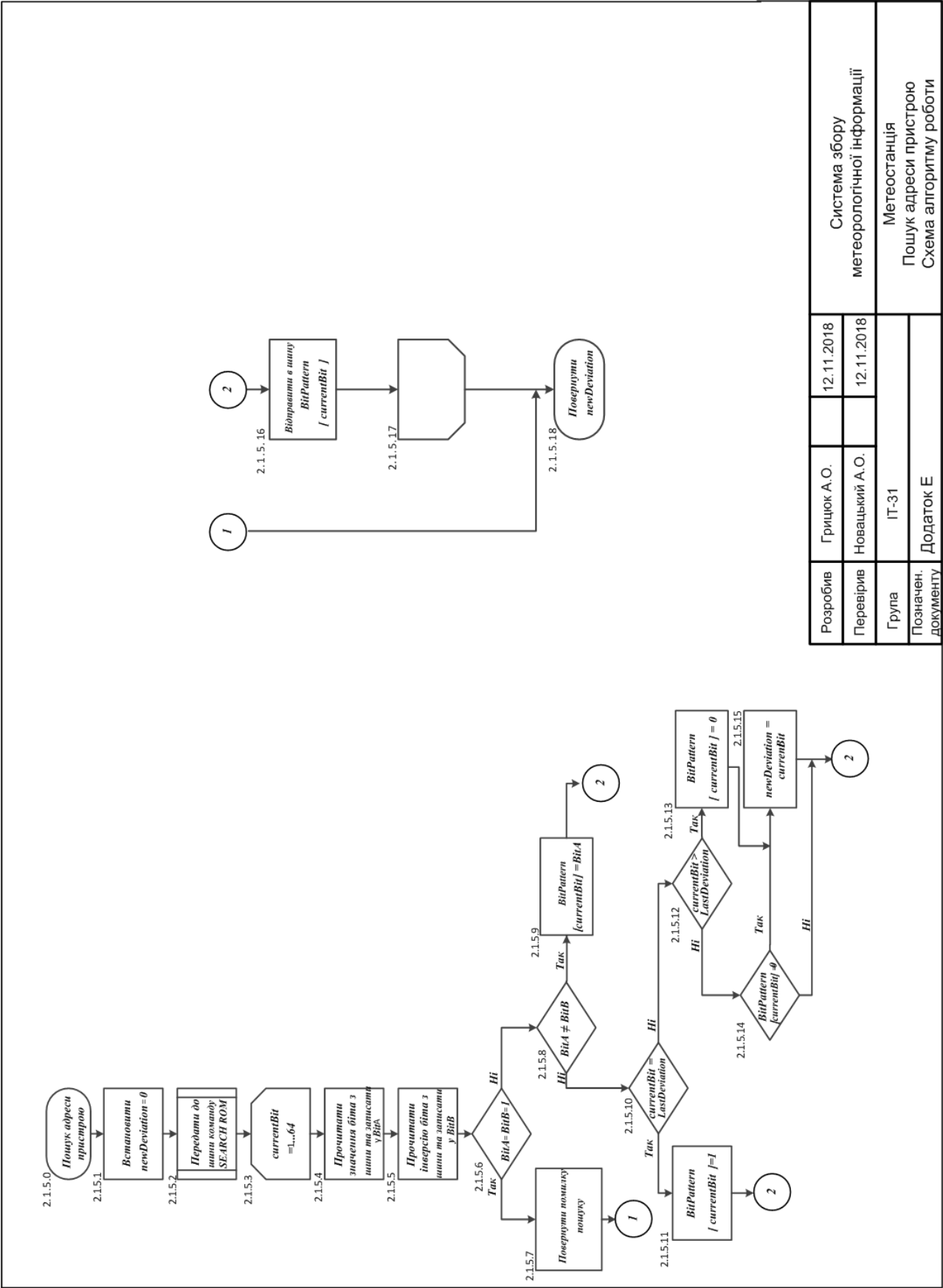
Розробив	Грицюк А.О.			Система збору метеорологічної інформації
Перевірив	Новацький А.О.			
Група	ІТ-31			Метеостанція
Позначен. документу	Додаток Г			Схема алгоритму роботи

Додаток Д
Метеостанція. Пошук пристроїв на шині. Схема алгоритму роботи

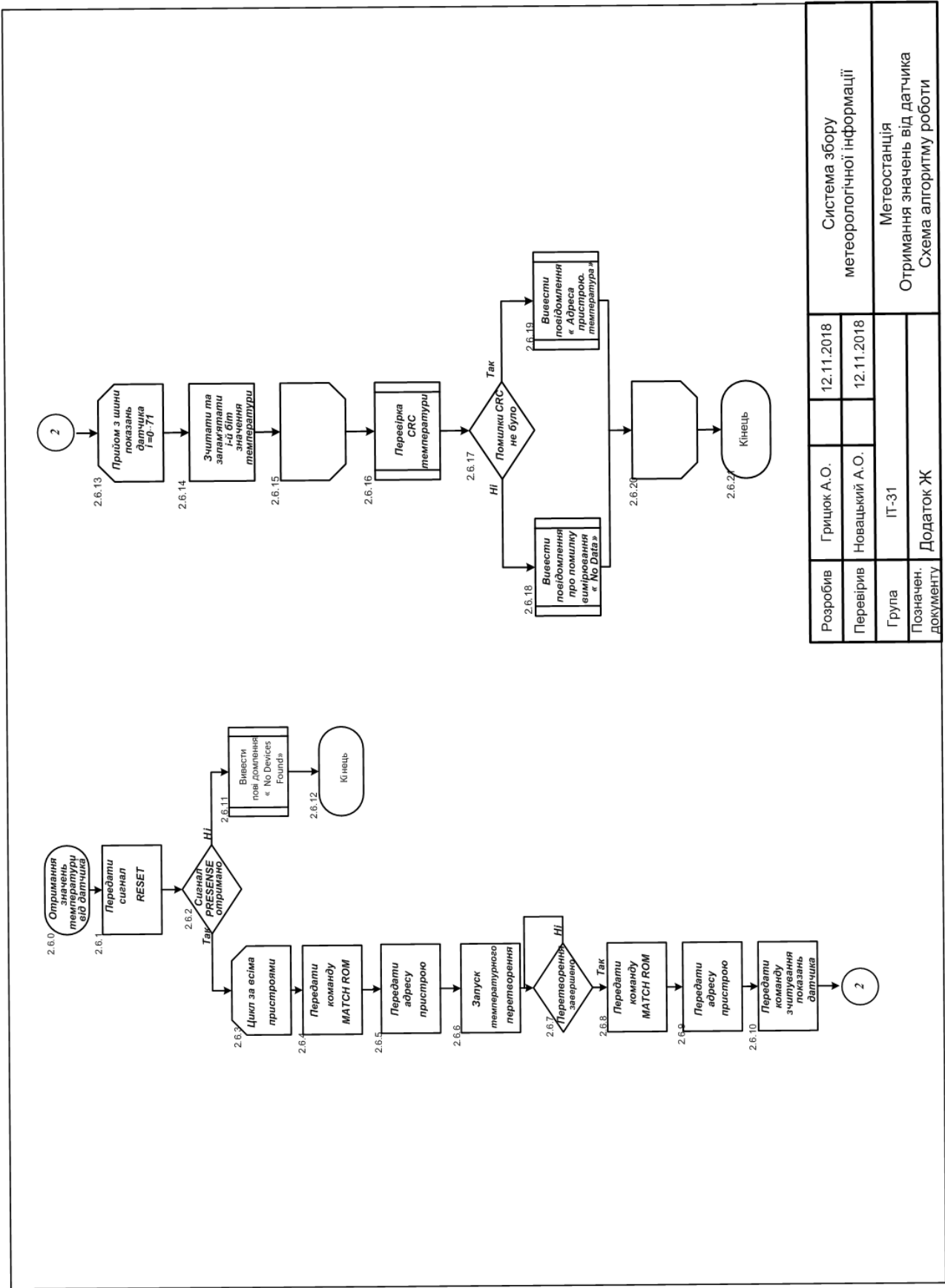


Розробив	Грицюк А.О.	12.11.2018	Система збору метеорологічної інформації	
Перевірив	Новацький А.О.	12.11.2018		
Група	ІТ-31		Метеостанція	
Позначен. документу	Додаток Д		Пошук пристроїв на шині Схема алгоритму роботи	

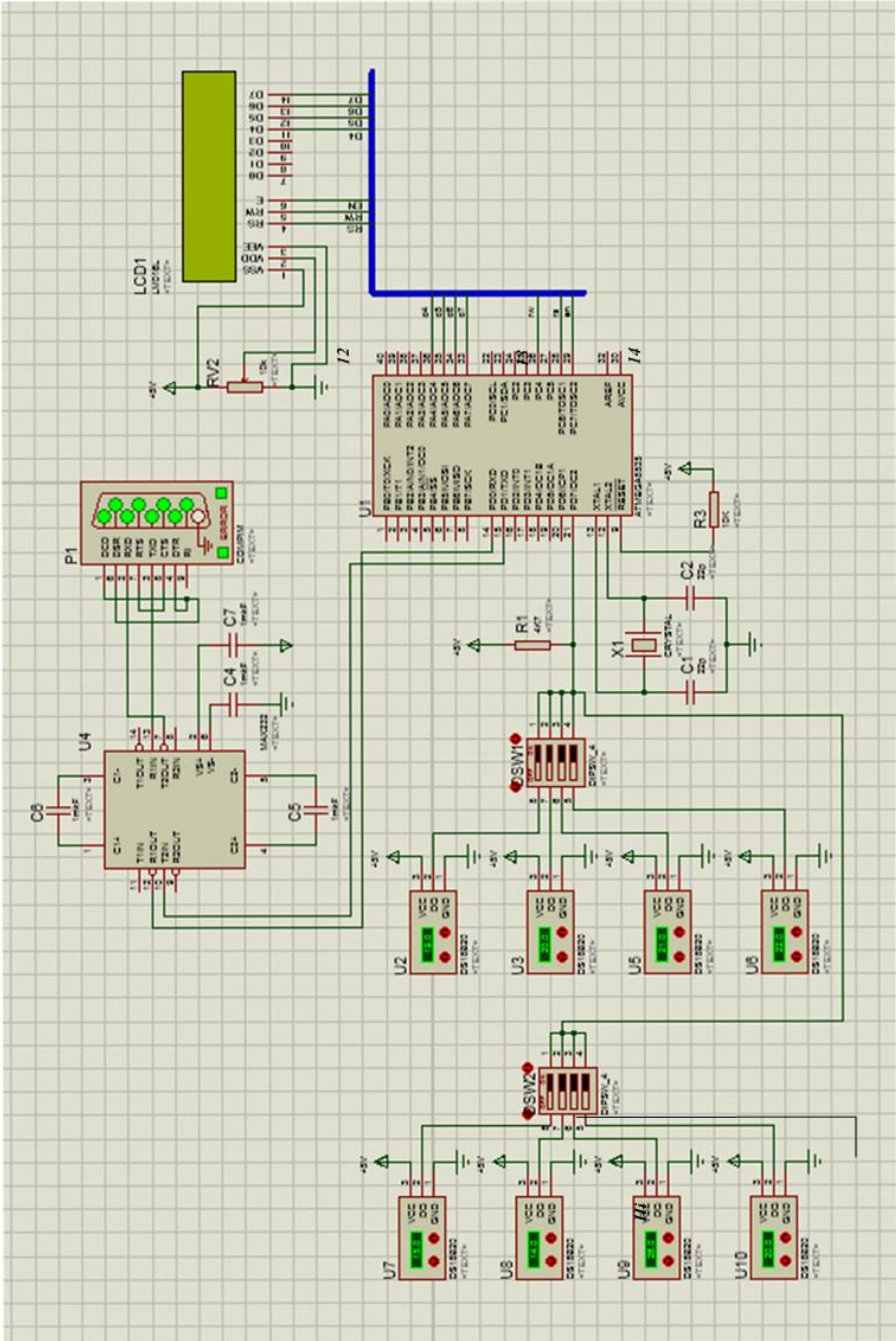
Додаток Е
Метеостанція. Пошук адреси пристрою.Схема алгоритму роботи



Додаток Ж
Метеостанція. Отримання значень від датчика. Схема алгоритму роботи



Додаток И
Метеостанція. Схема моделювання



Розробив	Грицюк А.О.	12.11.2018	Система збору метеорологічної інформації
Перевірив	Новачий А.О.	12.11.2018	
Група	ІТ-31		Метеостанція Схема моделювання
Позначен. документа	Додаток И		

ДОДАТОК К

Перелік елементів

Поз. ozn.	Найменування	Кіл	Примітка
	<u>Кварцовий резонатор</u>		
BQ1	РК - 169 - МА – 6АН – 16МГц	1	
	<u>Конденсатори</u>		
C1, C2	K10 – 73 – 16В – 22пФ ± 10%	2	
C3	K10 – 73 – 16В – 1 мкФ ± 10%	1	
C4...C8	K10 – 73 – 16В – 0,1 мкФ ± 10%	5	
C9, C10	K50 – 35 – 16В – 22 мкФ ± 10%	2	
C11...C14	K10 – 73 – 16В – 1 мкФ ± 10%	4	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1	Діодний міст КЦ 407 А	1	
DA2	Стабілізатор напруги КР142ЕН5А	1	
DD1	Перетворювач рівнів MAX 232А	1	
DD2	Мікроконтролер Mega128	1	
DD3	Регістр КР1533ІР22	1	
DD4	Оперативний запам'ятовуючий пристрій	1	
	Samsung Electronics K6T4008C1B-GB55		
	<u>Резистори</u>		
R1	C2 – 29 – 0.125 – 1 кОм ± 0,5%	1	
R2	C2 – 29 – 0.125 – 10кОм ± 0,5%	1	
R3	C2 – 29 – 0.125 – 820 Ом ± 0,5%	1	

